

**Reinzucht und Kreuzungszucht
in der Population des Deutschen Gelbviehs
von 1980 - 1984**

**Schätzung von Kreuzungsparametern
nach verschiedenen genetischen Modellen**

Georg Lechner



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Institut für Tierzucht und Tierhygiene
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München
Lehrstuhl für Tierzucht: Professor Dr. H. Kräußlich

Reinzucht und Kreuzungszucht in der Population
des Deutschen Gelbviehs von 1980 - 1984
Schätzung von Kreuzungsparametern nach
verschiedenen genetischen Modellen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von

Georg Lechner
aus
Markt Berolzheim

München 1986

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. H. Zucker
Referent: Prof. Dr. H. Kräußlich
Korreferent: Prof. Dr. J. Unshelm

Tag der Promotion: 25. Juli 1986

Meinen Eltern,
Irmi, Eva und Anna
gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. EINLEITUNG	1
2. LITERATUR	3
2.1. Die Entstehungsgeschichte des Deutschen Gelbviehs	3
2.1.1. Das altfränkische rote Rind	3
2.1.2. Das Scheinfelder Vieh	3
2.1.3. Das gelbe Frankenvieh	8
2.1.4. Die Zuchtverbandsgeschichte des Deutschen Gelbviehs	16
2.1.5. Verwandtschaftliche Beziehungen zu anderen europäischen Rassen	23
2.2. Das Verbreitungsgebiet und die Entwicklung der Populationsgröße des Deutschen Gelbviehs	24
2.2.1. Das Verbreitungsgebiet	24
2.2.2. Die landwirtschaftlichen Verhältnisse in Unterfranken	25
2.2.3. Die Entwicklung der Populationsgröße des Gelbviehs und des Fleckviehs in Bayern	27
2.3. Modelle zur Schätzung des mittleren Leistungsniveaus von Reinzucht- und Kreuzungspopulationen	32
2.3.1. Linearkombinationen der Kreuzungsparameter: Populationsdifferenz, Heterosiseffekt und Rekombinationsverlust	32
2.3.1.1. Die Populations- oder Rassendifferenz	33
2.3.1.2. Die Heterosis oder der Heterosiseffekt	34
2.3.1.3. Der Rekombinationsverlust oder der Rekombinationseffekt	38
2.3.1.4. Individuelle, maternale, paternale und großmütterliche Effekte	41

2.3.2.	Beschreibung des mittleren Leistungsniveaus einer Population durch additive, dominante und epistatische Geneffekte	44
2.3.3.	Definition der Kreuzungsparamter in der F_2 -Generation	51
2.3.4.	Definition der epistatischen Komponenten und des epistatischen Verlustes für Mehr-rassenkreuzungen	56
2.3.5.	Das Modell der parentalen Epistasie	64
2.3.6.	Bewertung der Ursachen der Heterosis in der Literatur	67
2.4.	Statistische Methoden zur Schätzung von Kreuzungseffekten	70
2.4.1.	Erläuterung des Zahlenbeispiels	70
2.4.2.	Lineare Kombinationen von Mittelwerten verschiedener Kreuzungsgruppen	71
2.4.2.1.	Unkorrigierte Mittelwerte	72
2.4.2.2.	Least Square-Mittelwerte	73
2.4.2.3.	Mittelwerte aus dem Zeitgefährtinnenvergleich	75
2.4.2.4.	Zuchtwerte	78
2.4.3.	Orthogonale Vergleiche von Mittelwerten	80
2.4.4.	Multiple Regressionsrechnung unter Verwendung von Kreuzungsgruppenmittelwerten	81
2.4.4.1.	Ordinary Least Squares (OLS)	81
2.4.4.2.	Weighted Least Squares (WLS) und Generalized Least Squares (GLS)	82
2.4.5.	Simultane Schätzung der Umwelteffekte und der Kreuzungsparameter mittels LSQ-Methode	85
2.4.6	Weitere statistische Methoden	87
2.4.6.1.	Ridge Regression (RR)	87
2.4.6.2.	Minimum Norm Quadratic Unbiased Estimation (MINQUE)	88
2.4.6.3.	Maximum Likelihood (ML)	89

	Seite
2.5.	Ergebnisse aus Rinderkreuzungsversuchen 90
2.5.1.	Ergebnisse der Schätzung von Kreuzungsparametern 90
2.5.1.1.	Heterosiseffekte 90
2.5.1.2.	Epistatische Effekte 104
2.5.2.	Kreuzungsversuche mit Gelbvieh und Fleckvieh 106
3. MATERIAL	113
4. METHODE	120
4.1.	Bestimmung der Kreuzungsgruppen durch Pedigrees 120
4.2.	Vergleich verschiedener genetischer Modelle zur Schätzung von Kreuzungsparametern 125
4.3.	Statistische Auswertungsmethoden 135
5. ERGEBNISSE	138
5.1.	Die Entwicklung der Gelbviehpopulation in den Milchleistungsprüfjahren 1980 - 1984 138
5.1.1.	Das Verbreitungsgebiet des Gelbviehs 141
5.1.2.	Die Einkreuzungen anderer Rassen 147
5.1.3.	Die Verwendung der Kälber und das Erstkalbealter 154
5.1.4.	Die Abgangsrate und die Verteilung der Kühe auf Laktationsnummern 157
5.1.5.	Die Fluktuation der MLP-Betriebe 163
5.1.6.	Die Herdengröße 166
5.1.7.	Der Gelbviehherdenanteil und die Betriebsaufstockung 170
5.2.	Vergleich der Milchleistung von Gelbvieh und Fleckvieh in der Reinzucht und in Kreuzungen 172

5.3.	Schätzung der Genanteile von Gelbvieh und Fleckvieh in den LKV-Rassenkodierungen	180
5.4.	Schätzung von Kreuzungsparametern für Milchleistungsmerkmale	196
5.4.1.	Gelbvieh X Fleckviehkreuzungen	196
5.4.1.1.	Reinzucht- und Kreuzungsgruppenmittelwerte	196
5.4.1.2.	Vergleich der Ergebnisse verschiedener genetischer Modelle	201
5.4.1.3.	Schätzung von Kreuzungsparametern nach dem Dominanzmodell und dem Modell von DICKERSON	207
5.4.2.	Zweirassenkreuzungen zwischen Gelbvieh, Fleckvieh, Schwarzbunten und Rotbunten	212
6.	DISKUSSION	221
7.	ZUSAMMENFASSUNG	230
8.	SUMMARY	234
9.	LITERATURVERZEICHNIS	238

VERWENDETE ABKÜRZUNGEN

a	= additive Effekte
aa	= additiv X additive Effekte
A	= Angus
ad	= additive X dominante Effekte
AY	= Ayrshire
BDA	= Blonde d'Aquitaine
BRA	= Brahman
BS	= Brown Swiss
BV	= Braunvieh
BY	= Bayern
C	= Charolais
CHI	= Chianina
d	= dominante Effekte oder Dominanzeffekt
dd	= dominant X dominante Effekte
DSH	= Dairy Shorthorn
e	= maximaler epistatischer Verlust
EKA	= Erstkalbealter
Ekg	= Eiweißmenge in kg
E%	= Eiweißgehalt in %
F	= Franken
$F_1(P \times P_y)$	= F_1 -Kreuzung zwischen der Population P _x und P _y
Fkg	= Fettmenge in kg
F%	= Fettgehalt in %
FV	= Deutsches Fleckvieh (Reinzucht)
O1	= Deutsches Fleckvieh (LKV-Kodierung)
g	= Populationsdifferenz
GU	= Guernsey
GV	= Deutsches Gelbvieh (Reinzucht)
O4	= Deutsches Gelbvieh (LKV-Kodierung)
GZ	= Güstzeit
h, H	= Heterosiseffekt (DICKERSON, KINGHORN)
HE	= Hereford
HF	= Holstein Friesian

i	= homozygot X homozygote Effekte
j	= homozygot X heterozygote Effekte
J	= Jersey
$k_{()}$	= Koeffizient des Parameters in Klammern
KRG	= Kreuzungsgruppe
l	= heterozygot X heterozygote Effekte
L	= Limousin
LKV	= Landeskuratorium für tierische Veredlung in Bayern e.V.
MA	= Maine Anjou
MAR	= Marchigiana
MF	= Mittelfranken
Mkg	= Milchleistung in kg
MLP	= Milchleistungsprüfung
MLP-Jahr	= Milchleistungsprüfungsjahr (1. Okt. - 30. Sept.)
NOR	= Normannische Rasse
OF	= Oberfranken
PH	= Polled Hereford
PI	= Pinzgauer
PIE	= Piemonteser
Px	= Elternpopulation x
r	= Rekombinationsverlust
$R_{1Px}, R_{2Px}, R_{3Px}$	= 1., 2., 3. Rückkreuzungsgeneration auf die Population Px
$R_{1Px/2Py}$	= R_1 auf Px gefolgt von 2 Rückkreuzungsschritten auf Py
$R_{2Px/1Py}$	= R_2 auf Px gefolgt von 1 Rückkreuzungsschritt auf Py
RA	= Red Angus
RB	= Rotbunte (Reinzucht)
O7	= Rotbunte (LKV-Kodierung)
RD	= Rote Dänen
RH	= Red Holstein
ROM	= Romagnola
RP	= Red Poll
SAG	= Santa Gertrudis

SB	= Schwarbunte (Reinzucht)
O6	= Schwarzbunte (LKV-Kodierung)
SH	= Shorthorn
TAR	= Tarantaise
UF	= Unterfranken
UM	= Gesamtuntersuchungsmaterial
W ₁	= einmalige Wechselkreuzung
W ₂	= zweimalige Wechselkreuzung

1. EINLEITUNG

Das Deutsche Gelbvieh wird mit ca. 100.000 Kühen von CUNNINGHAM (1983) zu den 21 größten nicht Schwarzbunt-Zuchtpopulationen in Westeuropa gezählt. Trotzdem ist die geringe Populationsgröße das Hauptproblem des Gelbviehs im Wettbewerb mit anderen Rassen (HINDEMITH, 1976). Während in Bayern im letzten Jahrzehnt die Anzahl der milchleistungsgeprüften Kühe ständig wuchs, war in der Gelbviehpopulation ein Rückgang der unter Milchleistungsprüfung (MLP) stehenden Kühe zu verzeichnen. RICHTER (1983) dokumentiert in einer Zusammenstellung den hohen Prozentsatz von Kreuzungskälbern, die durch Anpaarung rassefremder Bullen an Gelbviehkühe fallen. Seit 1974 sind jährlich mehr als 10 % der Kälber von Gelbviehmüttern Kreuzungskälber.

In der vorliegenden Arbeit soll die Populationsentwicklung des Gelbviehs in Bayern in den Milchleistungsprüfungsjahren 1980 bis 1984 dargestellt und versucht werden, verschiedene Einflußfaktoren auf die Populationsgröße wie Abgangsrate, Kreuzungszucht, Fluktuation der MLP-Betriebe oder innerbetriebliche Rassenselektion zu quantifizieren und Abhängigkeiten der Verdrängung von Region, Betriebsgröße oder Gelbviehanteil im Betrieb zu beschreiben.

Die Leistungsunterschiede zu den in gemischtrassigen Betrieben stehenden Konkurrenzrassen, v.a. dem Fleckvieh, aber auch den Schwarzbunten und Rotbunten sowie den verschiedenen Rassenkreuzungen werden durch Berechnung von Populationsdifferenzen und Kreuzungsparametern bestimmt. Nach PIRCHNER (1976) ist zu erwarten, daß sich das Ausmaß der Heterosis von Rassenkreuzungen etwa proportional zur genetischen Distanz zwischen Rassen verhält. Da die Verwandtschaft zwischen Tierpopulationen auf der Basis der Rassengeschichte geschätzt werden kann, wird im Literaturteil die Geschichte der Entwicklung des Deutschen Gelbviehs beschrieben. Die Zusammenhänge von Populationsdifferenz und Heterosiseffekt und den mittels geschichtlicher In-

formationen und mit genetischen Markern festgestellten Verwandtschaftsverhältnissen soll geprüft werden.

Durch die langjährigen, meist planlos durchgeführten Kreuzungen zwischen Gelbvieh und Fleckvieh in Franken entstand eine Vielzahl verschiedener Kreuzungsgruppen. Es ist deshalb möglich, bei der Schätzung von Kreuzungseffekten auch komplexere Modelle unter Berücksichtigung verschiedener epistatischer Komponenten zu verwenden. Die Modelle von DICKERSON (1969 und 1973), MATHER und JINKS (1982), HILL (1981 und 1982), KINGHORN (1980 und 1982) und SHERIDAN (1980 und 1981) sowie verschiedene statistische Methoden zur Auswertung von Kreuzungsparametern werden im Literaturteil ausführlich vorgestellt. Inwieweit diese Modelle die Leistungsdifferenzen zwischen den Kreuzungsgruppen beim Gelbvieh erklären, wird in den Auswertungen untersucht.

2. LITERATUR

2.1. Die Entstehungsgeschichte des Deutschen Gelbviehs

2.1.1. Das altfränkische rote Rind

Seinen Ursprung findet das Deutsche Gelbvieh im altfränkischen roten Originalrind, das dem roten und rotgefleckten germanischen Landschlag angehört, der nach ROSSKOPF (1912) von den Kelten bei ihrer Wanderung aus Gallien auch nach Franken in das Stammgebiet des Deutschen Gelbviehs eingeführt wird. Eine erste Beschreibung dieses germanischen Rindes findet sich bereits bei TACITUS um 100 n.Chr. (siehe Tabelle 1). Das Aussehen des fränkischen Rindes im Mittelalter rekonstruiert dann ZIPPELIUS (1893) anhand von Ortswappen, Wirtshaus- und Metzgereischildern sowie alten Abbildungen (siehe Tabelle 1). Trotz des Einflusses fremder Rassen, die zum Ausgleich von Rinderverlusten durch den Dreißigjährigen Krieg oder durch die Rinderpest und die Lungenseuche aus verschont gebliebenen Gebieten, vor allem aus den Mittelgebirgen nach Franken eingeführt werden, herrscht nach GUTBROD (1924) bis weit in die 40er Jahre des 19. Jahrhunderts in ganz Franken der Landschlag, das fränkische oder deutsche Vieh vor. Beschreibungen dieses altfränkischen Rinderschlages durch verschiedene Autoren finden sich in Tabelle 1.

2.1.2. Das Scheinfelder Vieh

Die Entwicklung des altfränkischen roten Rindes hin zum Gelbvieh beginnt etwa um die Jahrhundertwende vom 18. zum 19. Jahrhundert. Das Anwachsen der Bevölkerung führt zu einer immer höheren Nachfrage nach Fleisch und Milch, und die Einführung des Feldfutterbaues, vor allem des Kleebaues, ermöglicht es dem Landwirt, leistungsstärkeres, aber auch anspruchsvolleres Vieh zu halten. Die Impulse zur Einführung und Ein-

Tabelle 1: Beschreibung des altfränkischen roten Landschlages durch die Autoren:
TACITUS (um 100 n.Chr.), BAUER (1846), ZIPPELIUS (1893 u. undatiert),
FRAAS (1852 u. 1853), KRONACHER (1905) und GUTBROD (1924).

Autor und Jahr	Rassenbenennung durch den Autor	Beschreibung
TACITUS (um 100 n.Chr.)	germanisches Rind	"Vieh läuft viel herum, doch ist es meistens unansehnlich, selbst an den Rindern vermißt man den stattlichen Wuchs und das mächtige Gehörn."
BAUER (1846, zit. von ZIPPELIUS, 1893)	altfränkischer roter Original- rinderstamm	In Rhön und Spessart klein, in Gebieten mit Feldfutterbau größer, aber "Riesen werden sie nirgends". Grundtypus der des Bergviehs, dem Zillertaler noch am ähnlichsten, den Schweif nicht so hoch angesetzt, aber dieselbe Gedrungenheit des Körpers, Kopf fast rund mit aufgebogenen Hörnern, Stirn gewöhnlich mit weißem Fleck, manchmal über die gesamte Gesichtslänge.
FRAAS (1852 u. 1853)	Spessartschlag, Rhönvieh, Vogelsbergvieh	Dunkelrot ins Rotbräunliche schillernd, meist ohne Blässe, in Rhön und Spessart Blässe häufig, mäßige Milchleistung, aber hohe Genügsamkeit und Mastfähigkeit, ausdauernde, zähe, arbeitswillige Ochsen, gutmütige Bullen, zartes feinfaseriges Fleisch, mit Fett gut durchwachsen.
ZIPPELIUS (1893) und ZIPPELIUS (undatiert, zit. von GUTBROD, 1924)	roter und rotge- fleckter germa- nischer Land- schlag	Dunkelrote, von schwärzlichem Pigment freie Tiere mit hellem Nasenspiegel, teilweise mit Blässe, weißer Schweifquaste und weißem Bauchfleck, von kleiner Gestalt, gedrungener Körperbau, und meist mäßigem Nährzustand.

Fortsetzung Tabelle 1:

Autor und Jahr	Rassenbenennung durch den Autor	Beschreibung
KRONACHER (1905)	alte deutsche Land- rasse im Zuchtge- biet des Franken- viehs um die Mitte des 18. Jahrhun- derts	Braunes, rotbraunes oder rotes Vieh mit hellem Nasenspiegel, meist keine oder wenige weiße Abzeichen, gedrungener Körper- bau, je nach Ernährungsverhältnissen in der Körpergröße wechselnd, geschickt und ausdauernd im Zug, gering in Milch- und Mastleistung, genügsam und leicht ernährbar, außerordentlich feinfaseriges und wohl- schmeckendes Fleisch.
GUTBORD (1924)	altfränkischer ro- ter Landschlag	Klein, leicht, aber genügsam, arbeits- tüchtig, für damalige Begriffe genügend mastfähig, Milchleistung eher mäßig, spät- reif: Zuchtreife der weiblichen Rinder ab 4 - 6 Jahren, Bullen ab vollendetem 2. Lebensjahr.

kreuzung von fremden Rinderrassen und -schlägen in das Verbreitungsgebiet des altfränkischen roten Rindes gehen dabei vor allem von den kapitalkräftigen Großbetrieben, den Klostergütern und den herrschaftlichen Pacht- und Meie-reibetrieben aus, später auch von den Gemeinde- und Bezirksverwaltungen (GUTBROD, 1924) (siehe Tabelle 4).

Die Einfuhr und die Einkreuzung der fremden Rassen erfolgt planlos und ohne jede überregionale Abstimmung. So gelangen im Laufe des 19. Jahrhunderts eine Vielzahl von Rassen in das spätere Zuchtgebiet des Gelbviehs. Die meisten Rassen erlangen aber nur eine geringe, regional und zeitlich beschränkte Bedeutung für die Fortentwicklung des roten fränkischen Rindes (siehe Tabelle 4).

Anfangs des 19. Jahrhunderts führt der aus Baden stammende Michael Gossenberger, Gutspächter des Freiherrlich Künsberg-schen Gutes in Obersteinbach bei Scheinfeld aus seiner Heimat Vieh der Heilbronner Rasse ein. Das Heilbronner- oder Neckarvieh ist in Württemberg und Baden durch Einkreuzung von vor allem einfarbigem roten und rotbraunem Berner Vieh in das dortige rote Landvieh entstanden und in Gewicht, Mastfähigkeit und Zugkraft dem fränkischen Rind überlegen (siehe Tabelle 2 und 3). Auch die Kreuzungsprodukte erweisen sich als sehr leistungsfähig, so daß bald auch andere Landwirte Heilbronner Vieh einführen und diese Rasse und deren Kreuzungen eine rasche Verbreitung in der Gegend um Scheinfeld, Uffenheim und Windsheim finden (KRONACHER, 1905). Um 1840 hat dann nach KRONACHER (1911) das Neckarvieh dem fränkischen Rind dieser Gegend "den Typ aufgedrückt" und wird bald als eigener Schlag, als Scheinfelder Vieh bezeichnet. In der Folgezeit finden dann das Heilbronner- und das Scheinfelder Vieh in Mittel- und Unterfranken weitere Verbreitung. Die Beschreibungen der beiden Schläge und ein Vergleich von Gewicht und Widerristhöhe sind in Tabelle 2 und 3 aufgeführt. Trotz der ständigen Einfuhr von Heilbronner Bul-

len in den Jahren 1810 bis 1860 vollzieht sich der Übergang vom roten und rotblässigen Landschlag in den gelben Scheinfelder Schlag nur langsam. FRAAS (1853) unterscheidet deshalb neben dem Rhön- oder Spessartvieh als Vertreter des altfränkischen Rindes noch 4 Unterschläge des von ihm als Mainländer Schlag bezeichneten gelbroten Viehs in Franken.

In den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts erfährt die zahlenmäßige Verbreitung, vor allem aber das Leistungsniveau des neugeschaffenen Scheinfelder Schlages einen starken Einbruch. ROSSKOPF (1912) und ZIPPELIUS (1893) fassen die Gründe hierfür zusammen:

- Ende des Imports von Heilbronner Vieh, da in dessen Stammgebiet die Einfarbigkeit verlorengegangen ist.
- Verkauf der besten Zuchtbullen, der nun als Zugochsen besonders geschätzten Scheinfelder Bullen nach Nord- und Mitteleuropa sowie nach Österreich.
- Durch den Vorrang des Getreidebaues liegt die Rinderzucht vor allem in den Händen der Frauen, welche auf Milchleistung, nicht auf Zug- oder Mastleistung selektieren.
- Starke Zunahme des Imports verschiedenster anderer Rassen (siehe Tabelle 4).

So herrscht um das Jahr 1870 in Franken eine große Rassenvielfalt. Dies dokumentiert GUTBROD (1924) mit einer Aufzählung der bei der Kreistierschau in Würzburg 1872 aufgestellten Rassen: Scheinfelder, Glanvieh, Kreuzungen von Neckarschlag und Shorthorn, Bauländer, Allgäuer, Schweizer, Heilbronner, ein Bulle englischer Rasse, Simmentaler, Limpurger, Simmentaler-Shorthornkreuzungen, Berner, Ansbacher, fränkischer Landschlag und Gebirgsschlag.

2.1.3. Das gelbe Frankenvieh

Anfang der 70er Jahre versiegt die bisherige Haupteinnahmequelle der fränkischen Bauern durch die plötzlich aufkommende ausländische Konkurrenz auf dem Getreidemarkt, die Getreide zu wesentlich günstigeren Preisen auf den Markt bringt. Um einen Ausgleich für diese Verluste zu erreichen, ist eine Verbesserung der Viehzucht nun dringend erforderlich. So stellt man 1872 zum ersten Mal in der Geschichte der fränkischen Viehzucht ein klares, scharf umschriebenes Zuchtziel auf, das ZIPPELIUS (1893) beschreibt:

"Ein Rind mit streng spezialisierter Leistung, nämlich ein großes, leicht mastfähiges Zugrind mit der als Erkennungsmerkmal (wörtlich Fabrikmarke) anzusehenden Einfarbigkeit."

Um dieses Ziel zu erreichen, beginnt man im Jahre 1872 mit der schrittweisen Einkreuzung von Simmentaler Bullen mit möglichst wenig weißen Abzeichen und wiederholt das Experiment auf Beschluß des unterfränkischen Kreiskomitees im Jahr darauf. 23 Bullen und 6 Kälber werden in diesen beiden Jahren eingeführt. Dem Erfolg, vor allem was Knochenbau und Wüchsigkeit anbetrifft, nennt ZIPPELIUS (1893) vorzüglich.

Ein weiterer Schritt zur Verbesserung der Rinderzucht ist dann die Einrichtung der von Kreistierarzt Diccass angeregten Musterzuchtstationen. Über den Zweck dieser Stationen heißt es im Paragraphen 1 des Vertrages, den das Kreiskomitee mit der Gemeindeverwaltung oder auch dem größeren Einzelbesitzer abschließt:

"Der Zweck der Musterzuchtstationen ist, durch die Aufstellung und entsprechende Haltung möglichst tadelloser Zuchttiere beiderlei Geschlechts, sowie durch rationelle Aufzucht der Kälber des einheimischen Viehschlags, und zwar durch Inzucht oder durch Kreuzung mit einer verwandten Rasse, zu verbessern."

Eine vom Kreiskomitee zu bestellende Approbations- und Aufsichtskommission erhält weitgehende Rechte in der Beschaffung der Zuchttiere und trifft die Auswahl der weiblichen und männlichen Tiere. Diese werden gekennzeichnet, müssen zur Zucht verwendet werden und bilden die sogenannten Stammherden. Am 7. Mai 1874 wird die erste Musterzuchtstation in Prosselsheim gegründet, der bald weitere folgen.

In den folgenden Jahren werden dann immer wieder Bullen aus dem Simmental in der Schweiz zur Vereدلungskreuzung eingekauft. Bis 1877 kann man noch weitgehend einfarbige Bullen erwerben, danach nur noch scheckige Tiere. Der Import von Simmentalern hält sich aber doch in verhältnismäßig engen Grenzen, so werden in das Zuchtgebiet der Gelben Franken in den Jahren von 1872 bis 1892 nur etwa 60 bis 70 Original-Simmentaler Bullen eingeführt und diese nahezu durchwegs in die Musterzuchtstationen, um eine planlose Kreuzung zu vermeiden (GUTBROD, 1924). Die Auswirkung und Bedeutung dieser 2. Simmentaler Einkreuzung ist aus Tabellen 2, 3 und 4 ersichtlich.

Aber nicht nur Simmentaler Vieh wurde in den letzten Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts eingekreuzt. So ist nach GUTBROD (1924) trotz des verhältnismäßig geringen Einsatzes von Shorthorntieren ihr Einfluß auf die unterfränkische Tierzucht beträchtlich (siehe Tabelle 4).

Nach 1880 sieht man dann ein, daß die Einfarbigkeit des Frankenviehs, die von vielen Käufern als Gewähr für dessen Zugkraft gesehen wird, bei der fortgesetzten Einfuhr von Simmentalern nicht mehr gewährleistet ist und zudem die wirtschaftlichen Eigenschaften des Frankenviehs, vor allem seine Genügsamkeit, Mästbarkeit und Gängigkeit bedroht sind. Mit der Gründung der Zuchtverbände für Gelbes Frankenvieh in den Jahren 1897 und 1899 entschließen sich die Züchter, keine weiteren Kreuzungen durchzuführen und gehen zur Rein-

Tabelle 2: Beschreibung des Heilbronner- oder Neckarviehs, des Scheinfelder Viehs und des Gelben Frankenviehs nach der 2. Simmentaler-Einkreuzung durch die Autoren: FRAAS (1852 u. 1853), ZIPPELIUS (1893 u. undatiert), KRONACHER (1911) und GUTBROD (1924).

Autor und Jahr	Rassenbenennung durch den Autor	Beschreibung
<u>Das Heilbronner- oder Neckarvieh</u>		
GUTBROD (1924)	Heilbronner Vieh	Einfarbig rot bis rotgelb, vereinzelt mit kleinen weißen Abzeichen vor allem am Kopf, fleischfarbener Nasenspiegel, gelbliche Hörner und Klauen, braune Hornspitzen, vorzüglich in der Arbeit, mastfähig bei mäßiger Milchleistung.
ZIPPELIUS (1893)	Heilbronner Vieh	Sehr rauhaarig, grobknochig, grobfaseriges Fleisch.
<u>Das Scheinfelder Vieh</u>		
FRAAS (1852 u. 1853)	Mainländer Schlag	Gelbe Farbe in allen Abstufungen, daneben noch viele hellrote, auch hochrote Tiere, Ochsen und Kühe sind sehr gute Zugtiere, große Mastfähigkeit, feine Fleischnaser, mäßige Milchleistung, sehr genügsam und füg-sam.
ZIPPELIUS (1893)	Kreuzungen des roten Landschlags mit Heilbronner Vieh	Um etwa 9 Monate frühreifer als das altfränkische Rind und ca. 20 cm größer.
ZIPPELIUS (undatiert, zit. von GUTBROD, 1924)	Scheinfelder Vieh	Hohes Stockmaß, gute Rippenwölbung, breite Brust, fleischige Schultern und Schenkel, gerader Rücken, horizontales Becken, leichter wohlgeformter Kopf.

Fortsetzung Tabelle 2:

Autor und Jahr	Rassenbenennung durch den Autor	Beschreibung
KRONACHER (1911)	Scheinfelder Vieh	Erbsengelbe Körperfarbe mit einem Stich ins Rötliche, von mittlerer Schwere, regelmäßig gestellte, nicht zu hohe Beine.
Gelbes Frankenvieh um 1900		
GUTBROD (1924)	Gelbes Frankenvieh nach der 2. Simmentaler Einkreuzung	Sehr fleischige Kälber, im Vergleich zum Scheinfelder Vieh Verbesserung der engen Brust und der schmalen Schenkel, bessere Frohwüchsigkeit, fleischigere Schultern und Hinterschinkel, breite Rücken und gewölbte Brust, sehr frühreif; Nachteile: grobe Haut, zu starke Knochen, hoher Schwanzansatz, oft stark überbaute, hochbeinige Tiere, starke phänotypische Streuung der Nachkommen.

Tabelle 3: Vergleich von Widerristhöhe und Körpergewicht der Ahnenrassen und Entwicklungsstufen des Deutschen Gelbviehs

Rasse / Schlag	Widerristhöhe (cm)		Gewicht (kg)			Autor und Jahr
	Kuh	Bulle	Kalb	Kuh	Bulle	
Altfränkisches rotes Rind	112 - 122		16,8 - 33,6	260 - 390	400 - 600	FRAAS (1852) ZIPPELIUS (1893) GUTBROD (1924)
Heilbronner Vieh	126 - 132		32 - 38	400 - 500	600 - 700	GUTBROD (1924)
Scheinfelder Vieh	122 - 134	135 - 140	33,6 - 39,0	390 - 585	650 - 910	FRAAS (1852) ZIPPELIUS (unda- tiert, zit. von GUTBROD, 1924)
Gelbes Frankenvieh, Anfang des 20. Jahrhundert	127 - 140 Ø 136	135 - 145 Ø 143	40 - 60 40 - 55	460 - 750 450 - 750	750 - 1100 960 - 1050	KRONACHER (1905) ROSSKOPF (1912)
Deutsches Gelbvieh, heute	136	140 - 146		600 - 800	1100 - 1300	BIEDERMANN und GRANZ (1976)

* Gewichtsangaben von FRAAS (1852) umgerechnet: * 1 Pfd. = 0,65 kg

** 1 Ztr. = 65 kg

Tabelle 4: Zusammenstellung der Rassen, die im letzten Jahrhundert im Gelbviehzuchtgebiet eingekreuzt wurden (zusammengestellt nach ZIPPELIUS, 1893; KRONACHER, 1905 und 1911; GUTBROD, 1924)

Rasse	Zeitraum	Verbreitung	Bedeutung *	Eigenschaften der Kreuzungen im Vergleich zur Stammrasse	Betriebe und Gebiete des Zuchteinsatzes (Beispiele)
Ostfriesländer- und Holländer Niederungsvieh	ca. 1800 bis ca. 1875	verstreut	- *	zu anspruchsvoll in der Ernährung	um die Jahrhundertwende 18. - zu 19. Jhd.: Zisterzienser Abtei Langheim u. Kloster Banz, beide bei Lichtenfels
Allgäuer- und Schweizer Grauvieh	ab ca. 1815 bis etwa 1875	verstreut	-	anspruchsvoll in der Ernährung, trägt in der Arbeit, grobfaseriges Fleisch, Milchleistung erhöht, ruhige Tiere mit schwarzem Flotzmaul, Klauen und Hornspitzen	1817 - 1832 Fürst von Wrede auf den Gütern des Ellinger Thronlehens; Ende der 30er Jahre Kloster Langheim und Kloster Banz
Schwäbisch-Limpurger Vieh	1. Viertel des 19. Jhd.	vereinzelt	--	hellere Farbe, schwerer, leistungsfähiger	Beginn des 19. Jhd. Staatsgut Waldbrunn und Kloster Langheim
Ansbach-Triesdorfer Vieh	etwa 1840 bis 1880	verstreut	-	schöngeformter Körperbau, anspruchs- voll, geringe Zugleistung	1842 - 1860 Gemeinde Uttingen und die Thüngen'schen Höfe zu Detten, Rupboden und Weiß-

Fortsetzung Tabelle 4:

Rasse	Zeitraum	Verbreitung	Bedeutung *) Kreuzungen im Vergleich zur Stammrasse	Betriebe und Gebiete des Zuchteinsatzes (Beispiele)
Steiermarker Vieh	1820 bis 1830	sehr selten	und Fleischqualität keine Angaben	bach; um 1865 Güter im Bezirk Ebern in den 20er Jahren Fürst Schwarzenberg (nicht verbürgt)
Heilbronner- oder Neckarvieh	1800 bis etwa 1860	weit verbreitet	+++ hellere Farbe, größeres Gewicht, höherer Widerstand, bessere Mastfähigkeit, beste Arbeitsleistung und mäßige Milchleistung	Wende 18. - zum 19. Jhd. Freiherrlich von Künstbergsches Gut in Obersteinbach bei Scheinfeld und Fürstlich Schwarzenberg'sche Meierei in Schwarzenberg und Seinsheim
Glan-Donnersberger Vieh	1820 - 1830, 1875 - 1900	vereinzelt	- keine Verbesserung oder Verschlechterung	in den 20er Jahren (nicht verbürgt), 1893 - 1897 im Scheinfeld der Bezirk
Shorthorn	1840 - 1900	verstreut	+ Apfelung der Körperseiten, starke Bemuskelung v.a. Vorderarm und Hosenmuskulatur, sehr gute Mastleistung	Um 1840 Fürstlich Löwenstein'sches Gut zu Bronnbach im Taubgrund, 1893 - 1897 in den Musterstationen

Fortsetzung Tabelle 4:

Rasse	Zeitraum	Verbreitung	Bedeutung *	Eigenschaften der Kreuzungen im Vergleich zur Stammrasse	Betriebe und Gebiete des Zuchteinsatzes (Beispiele)
Simmentaler Vieh	1872 - 1895	verstreut	+++	fähigkeit, aber früher mehr Fettansatz Frohwichsigkeit, höherer Widerstand, und Fleischansatz	1874 - 1892 auf den Musterzuchtstationen
Devonshire	um 1890	sehr selten	---	dunkelrote Farbe, zu feingliedriger Körper	1890 in Prosselsheim
Charolais	um 1880	vereinzelt	--	sehr helle, fast weiße Farbe, weiße Abzeichen, Bösigkeit	1880 in den Musterzuchtstationen
Miesbacher Fleckvieh	1883 - 1885	sehr selten	---	keine Angaben	1883 oberfränkische Zuchtstation

*) Bedeutung für die Gelbviehzucht:

--- = keine
 -- = gewisse
 - = sehr geringe
 + = sehr große
 +++ = geringe

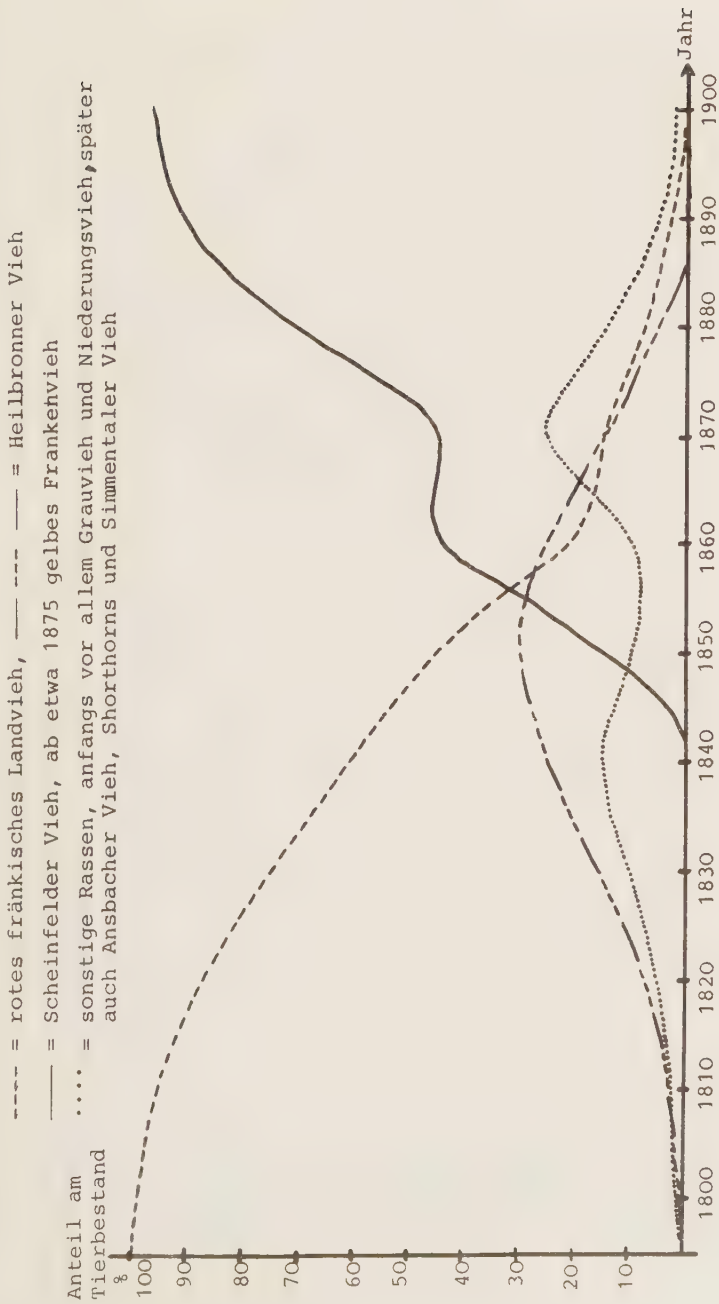
zucht des Gelben Frankenviehs über. Der Erfolg der Reinzucht läßt sich aus den hervorragenden Ergebnissen auf den bayrischen und deutschen Mastviehausstellungen von 1920 - 1940 ablesen, die beispielhaft in Tabelle 5 aufgeführt sind. Die Entwicklung der Milchleistung und Milchleistungsprüfung gibt Tabelle 6 wieder. In Abbildung 1 soll versucht werden, die Rassenanteile im Gelbviehzuchtgebiet im Laufe des 19. Jahrhunderts zu schätzen.

2.1.4. Die Zuchtverbandsgeschichte des Deutschen Gelbviehs

Die Verbandsgeschichte und die Anpassung des Zuchtzieles an die entsprechenden Erfordernisse werden ausführlich von PETER (1966) und SCHÖLLER (1979) beschrieben. Im folgenden Kapitel soll die Geschichte des Zuchtverbandes sowie die Veränderung des Zuchtzieles deshalb nur stichwortartig in chronologischer Reihenfolge aufgezählt werden:

- | | |
|---------------|---|
| 1897 | Gründung des Zuchtverbandes für Gelbes Frankenvieh, Abteilung Mittel- und Oberfranken |
| 1899 | Gründung der Zuchtverbandsabteilung Unterfranken |
| | Zuchtziel:
Verbesserung und Vereinheitlichung der vorhandenen Schläge nach Wüchsigkeit, Form, Arbeitstüchtigkeit und Mastfähigkeit unter Erhaltung von Gesundheit, Genügsamkeit und befriedigender Milchleistung |
| 1905 | Gründung einer Zentralleitung der Zuchtverbände Ober-, Mittel- und Unterfrankens |
| 1905/
1906 | Erste Durchführung der Milchleistungsprüfung |
| 1909 | Empfehlung des Zuchtverbandes an seine Mitglieder, die Milchleistungsprüfung einzuführen
Einführung von Verbandsmärkten als Bullenabsatzveranstaltungen |

Abb. 1: Versuch die Rassenverteilung im späteren Gelbviehzugsgebiet im Laufe des 19. Jahrhunderts zu skizzieren



1919 Neuformulierung des Zuchtzieles

Zuchtziel:

Verbesserung von Form, Wuchs und Leistung des Frankenviehs als eines großwüchsigen, hervorragend arbeitstüchtigen, leicht mastfähigen, hinreichend milchergiebigem, gesunden und widerstandsfähigen Höhenrindes

1923 Beschluß, die Milchleistungsprüfung in einfachster Form für alle Herdbuchkühe vorzuschreiben

1926 Zusammenschluß sämtlicher deutscher Züchtervereinigungen für Gelbes Frankenvieh zu einer Arbeitsgemeinschaft der Frankenverbände;
Formulierung eines einheitlichen Zuchtzieles für das Gelbe Frankenvieh

Zuchtziel:

Mittelgroße und mittelschwere, kräftige und bewegliche Tiere, tiefe und breite, gut geschlossene Körper mit kräftigen Gliedmaßen, gute Mastfähigkeit, flotter, räumender Gang, hohe Arbeitstüchtigkeit, geräumiges und regelrecht geformtes Euter, befriedigende Milchleistung bei verhältnismäßiger Anspruchlosigkeit, besondere Eignung für die Ackerbaubetriebe des bäuerlichen Klein- und Mittelbesitzes, geringe Empfindlichkeit gegen Stallhaltung

1929 Einweihung der Frankenhalle in Würzburg als zentralen Markttort

1930 Umwandlung der Arbeitsgemeinschaft in den Reichsverband für die Zucht des gelben Höhenrindes

1952 Neuformulierung des Zuchtzieles

Zuchtziel:

Ein einfarbiges, gelbes, langlebiges, fruchtbares, frohwüchsiges, futterdankbares, gegen die Schäden der Stallhaltung widerstandsfähiges Rind mit breiten

tiefen Formen, gut entwickeltem, gleichmäßigem festangesetztem Drüseneuter und kräftigem korrektem Fundament, milchreich, arbeitstüchtig und mastfähig

Mittlere Widerristhöhe: Bullen: 142 - 146 cm

Kühe: 132 - 136 cm

Gewicht: Bullen: 900 - 1.000 kg, Kühe: 550 - 700 kg

Milchleistung: 3.500 - 4.000 kg mit 4,2 - 4,5 % Fett

- 1953 Gründung des Zuchtverbandes für Gelbes Frankenvieh in Bayern, Sitz Würzburg, mit den vier selbständigen Zuchtverbandsabteilungen: Würzburg, Nürnberg, Bamberg und Neustadt/Saale
- 1956 Erste Ausgabe der Zeitschrift "Der Frankenzüchter" später "Der Gelbviehzüchter"
- 1960 Umbenennung des Zuchtverbandes in "Zuchtverband für Gelbvieh in Bayern"
- 1962 Gründung der Europäischen Vereinigung der blonden und gelben Rinderrassen, Gelbvieh, Limousin und Blonde d'Aquitaine (Frankreich), Murbodner und Blondvieh (Österreich)
- 1963 Kreuzungsversuch mit 700 Samenportionen von vier Spitzenbullen der Rasse Rotes Dänisches Milchvieh
- 1973 Umwandlung des Zuchtverbandes für Gelbvieh in Bayern in den "Rinderzuchtverband Würzburg", nicht mehr nur auf Gelbvieh beschränkt
- 1980 Kreuzungsversuch mit 250 Samenportionen von 4 ausgewählten Bullen der Rasse Rotes Flämisches Milchrind
- Zuchtziel:
- Eine sichere und hohe Leistung in Milchmenge, MilCHFett und Milcheiweiß über eine lange Nutzungsdauer bei regelmäßigen, problemlosen Abkalbungen, hohe tägliche Zunahmen, ein langanhaltendes Fleischwachstum, ohne qualitätsmindernde Verfettung, volle Bemuskelung

des ganzen Körpers, insbesondere in Hochrippe, Lende und Keule, Aufnahme und Verwertung großer Mengen wirtschaftseigener Futtermittel, Eignung für Stallhaltungs-, insbesondere moderne Aufstallungsformen und Weidehaltung, einschließlich Mutterkuhhaltung, drüsige, gutgeformte, straffsitzende Melkmaschinen-euter, gute Melkbarkeit und trockene, korrekt gestellte Gliedmaßen mit dunkler harter Klaue.

Zahlenmäßige Definition des Zuchtzieles (Ausschnitt):

Erstkalbealter:	25 - 27 Monate
Zwischenkalbezeit:	unter 370 Tage
Milchleistung:	
- Erstlaktation:	4.000 kg
- Lebensleistung:	5.000 kg, mind. 4 % Fett
Tägliche Zunahmen (Bullenmast):	über 1.250 g
Ausschlachtung der Jungbullen:	über 63 %
Widerristhöhe: Bullen:	150 - 155 cm
Kühe:	135 - 140 cm
Gewicht: Bullen:	1.150 - 1.300 kg, Kühe: 650 - 800 kg

Tabelle 5: Erfolge des Gelben Frankenviehs auf Mastviehausstellungen zwischen 1925 und 1940 (nach PETER, 1966)

Jahr	Ausstellung	Erfolg
1926	4. bayerische Mastvieh- ausstellung	Siegiertier in der Kuh-, Bullen- und Rinderklasse, Auszeichnungen für alle probegeschlachteten Bullen
1927	5. bayerische Mastvieh- ausstellung	schwerster Bulle der Schau mit 1.210 kg schwerste Kuh der Schau mit 932 kg
1928	6. bayerische Mastvieh- ausstellung	sämtliche Frankentiere prämiert, 17 davon I. Preise, alle dem Schlacht- wettbewerb unterstellten Tiere erhal- ten I. Preise
1930	7. bayerische Mastvieh- ausstellung	Rekordausschlachtungsergebnis eines Jungochsen mit 64,4 %, einer Jungkuh mit 64,2 %
1933	3. Mastviehausstellung in Frankfurt/Main	Siegerpreis im Rassenwettbewerb, die schwersten Tiere sind aus Franken Höchstes Ausschachtungsergebnis: 67 %
1936	Reichsmastviehausstellung in Köln	Siegerpreis im Rassenwettbewerb und Frühreifewettbewerb

Tabelle 6: Entwicklung der Milchleistungsprüfung und der Durchschnittsleistungen bei Gelbviehkühen von Mitgliedern des Zuchtverbandes für Gelbes Frankenvieh von 1909 - 1949 (nach PETER, 1966; SCHÖLLER, 1979)

Jahr	Zahl der Tiere unter Milchleistungsprüfung	Milch (kg)	Fett (kg)	Fett (%)
1909	246	2.292	86	3,75
1913	241	2.241		3,71
1919	309			
1928	561	2.646		
1930	753	2.639	103	3,72
1934	1.477	2.363	94	3,93
1935*	3.346	2.419	91	3,81
1938**	5.955	2.439	94	3,84
1947	6.429	1.881***	75	3,87
1949****	6.072	2.629	104	3,94

* = ab 1935 ist die Milchleistungsprüfung für alle Herdbuchzüchter obligatorisch

** = 1936: Einführung der Pflichtmilchkontrolle für alle Kühe:
1940 werden 88.596 Kühe, 1946 sogar 143.088 Kühe geprüft

*** = Dürrejahr

**** = im Juni 1948 wird in Bayern die Pflichtmilchkontrolle aufgehoben

2.1.5. Verwandtschaftliche Beziehungen zu anderen europäischen Rassen

KIDD et al. (1974) finden eine hohe genetische Ähnlichkeit, die über "Marker" wie Blutgruppen, Enzyme und Serumproteine bestimmt wurde, zu der englischen Rasse South Devon. Die Ähnlichkeit entspricht etwa der zwischen Roten- und Schwarzen Angusrindern. Dies sind Rassen, die sich erst im späten 19. Jahrhundert trennten. Die Autoren kommen zu dem Schluß, daß die Rassen Gelbvieh und South Devon möglicherweise einen gemeinsamen Ursprung haben und vor nur einigen hundert Jahren getrennt wurden. PIRCHNER (1976) weist auf die Einkreuzung von Devon- und Shorthornvieh im letzten Jahrhundert als mögliche Ursache dieser Ähnlichkeit hin.

KIDD und PIRCHNER (1971) konnten mittels Untersuchungen mit genetischen "Markern" zeigen, daß das Gelbvieh zwischen den Höhenrassen (Fleckvieh und Braunvieh) und den Niederungsrassen (Rotbunte und Schwarzbunte) steht, während die Murbodener als Vertreter der untereinander engverwandten österreichischen Gelbviehrassen den Höhenrassen näher stehen. Auf Gelbviehexporte im 19. Jahrhundert nach Österreich dürfte die enge genetische Ähnlichkeit zu dem Österreichischen Gelbvieh zurückzuführen sein, PIRCHNER (1976) bringt die Zwischenstellung des Deutschen Gelbviehs mit der Einkreuzung von Niederungsvieh einerseits und Höhenvieh andererseits während des 18. und 19. Jahrhunderts in Zusammenhang.

Wohl aufgrund der phänotypischen Ähnlichkeit werden von FRAHM (1982) Blonde d'Aquitaine, Limousin und Villard de Lans in Frankreich sowie Reggiana in Italien als verwandte Rassen angesehen. KRÄUSSLICH (1981) nennt noch die französischen Rassen Femelin, Lardes und Salers.

2.2. Das Verbreitungsgebiet und die Entwicklung der Populationsgröße des Deutschen Gelbviehs

2.2.1. Das Verbreitungsgebiet

Das Verbreitungsgebiet des Gelbviehs, die geologischen, klimatischen und landwirtschaftlichen Verhältnisse in diesen Gegenden beschreiben ausführlich ZIPPELIUS (1893), KRONACHER (1905), ROSSKOPF (1912), PETER (1966) und HINDEMITH (1976).

Das Hauptverbreitungsgebiet des Deutschen Gelbviehs in Bayern liegt in den drei fränkischen Regierungsbezirken mit Schwerpunkt Unterfranken. Die Grenze nach Westen verläuft hier durch den Main-Spessartkreis entlang von Main und Sinn. Im Osten bilden die oberfränkischen Kreise Coburg, Lichtenfels und Bamberg die Übergangskreise zum reinen Fleckviehzuchtgebiet; im Süden sind es die mittelfränkischen Kreise Neustadt a.d. Aisch, Bad Windsheim, Erlangen-Höchststadt und Nürnberg. Eine isolierte Zuchtinsel befindet sich noch im Landkreis Weißenburg-Gunzenhausen. Das Verbreitungsgebiet des Gelbviehs in Bayern von heute unterscheidet sich flächenmäßig kaum von dem von KRONACHER (1905) aufgezeigten Gebiet, während in Rheinland-Pfalz das Glan-Donnersbergervieh und in Baden-Württemberg das Limpurgervieh von anderen Rassen verdrängt wurde. Außer in Franken finden sich Gelbviehtierte noch in Hessen im Kreis Werra-Meißner und im Kreisteil Eschwege. Die Anzahl der Gelbviehrinder geht hier aber stark zurück: 1978: 1.045 Tiere davon 460 Kühe, 1980: 886 Tiere davon 305 Kühe (ARBEITSGEMEINSCHAFT SÜDDEUTSCHER RINDERZÜCHTER 1978 und 1980). In der DDR spielt das Gelbvieh mit einem Anteil am Gesamtrinderbestand von unter 2 %, vornehmlich in Teilen des Thüringer Waldes verbreitet, nurmehr eine sehr untergeordnete Rolle (BIEDERMANN und GRANZ, 1976). Einen starken Rückgang erlebte das Gelbvieh auch in Österreich; hier ging sein Anteil am Gesamtrinderbestand von 24,9 % im Jahre 1947 auf 2,5 % im Jahre 1974 zurück (KRÄUSSLICH, 1981).

2.2.2. Die landwirtschaftlichen Verhältnisse in Unterfranken

Aufgrund der Klima- und Bodenverhältnisse in Unterfranken, dem Zuchtzentrum des Gelbviehs, liegt der Schwerpunkt der Landwirtschaft im Ackerbau. So ist der Anteil des Grünlandes an der landwirtschaftlich genutzten Fläche der niedrigste in ganz Bayern und liegt in manchen Landkreisen unter 14 %. Deshalb kommen in Unterfranken auf 100 ha landwirtschaftlich genutzte Fläche nur 24 Milchkühe (im Allgäu 100 und mehr) und auf 100 Milchkühe 49 Mastbullen (im Alpengebiet 9 und weniger) (BAYER. STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT U. FORSTEN, 1978). Tabelle 7 zeigt, daß die Zahl der Rinder pro Rinderhaltung wie auch der Milchkühe pro Milchkuhbestand in Unterfranken weit unter dem bayerischen Durchschnitt liegt. Die kleinen Milchkuhbestände sind nach HINDEMITH (1976) das Spiegelbild der geringen Nutzflächenausstattung der Betriebe. So bewirtschaften in Unterfranken Betriebe mit bis zu 5 ha landwirtschaftlich genutzter Fläche knapp 11 % der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche gegenüber 6,6 % in Bayern (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK UND DATENVERARBEITUNG, 1982). Beengte Hoflagen und Flurzersplitterung sind weitere Erschwernisse der Ausdehnung des Rinderbestandes, insbesondere des Milchkuhbestandes im Gelbviehzuchtgebiet (HINDEMITH, 1976).

Tabelle 7: Vergleich zwischen Bayern und Unterfranken: Rinder- und Milchrinderbestand und Betriebsgrößen im Jahre 1979
(BAYERISCHES LANDESAMT F. STATISTIK U. DATENVERARBEITUNG, 1982)

	Betriebe		Tiere		Tiere/Betrieb	
	Bayern n	Unterfranken n	Bayern n	Unterfranken n	Bayern n	Unterfranken n
Rinder	197.809	17.362	7.932.276	311.740	24,88	17,96
Milchrinder	181.074	14.755	1.980.336	92.060	10,94	6,24
Anteil der Milch- rinder am Ge- samtbestand	% 91,54	% 84,98	% 40,24	% 29,53		

2.2.3. Die Entwicklung der Populationsgröße des Gelbviehs und des Fleckviehs in Bayern

Eine detaillierte Darstellung der Populationsgrößen der einzelnen Rassen und Schläge in Bayern kurz nach Beginn des 20. Jahrhunderts gibt KRONACHER (1911). Soweit sie das Gelbvieh und das Fleckvieh betreffen, sind sie in Tabelle 8 zusammengefaßt, ergänzt durch Leistungs- und Preisangaben durch denselben Autor.

Eine Rassenerhebung aus dem Jahre 1951 ergibt nach BIEDERMANN und GRANZ (1976) einen Anteil des Deutschen Gelbviehs am Gesamtrinderbestand in der Bundesrepublik Deutschland von 7,7 %, bei einem Anteil des Fleckviehs von 38,5 %. Nach einer von ihnen durchgeführten Schätzung sinkt der Anteil des Deutschen Gelbviehs bis zum Jahre 1973 auf 2,9 % (das entspricht 9,9 % in Bayern) ab, während der des Fleckviehs nur auf 36,5 % zurückgeht. HINDEMITH (1976) schätzt die Zahl der Gelbviehtiere in Bayern für 1962 auf 540.000 Tiere; diese Anzahl entspricht knapp den Angaben von KRONACHER (1911) für den Anfang des 20. Jahrhunderts (siehe Tabelle 8).

Von 1962 an fällt die Gesamtzahl der Gelbviehtiere ständig ab. So gibt die ARBEITSGEMEINSCHAFT SÜDDEUTSCHER RINDERZÜCHTER (1974 und 1980) die Zahl der Gelbviehtiere in Bayern für 1974 mit 425.128 wieder, davon sind 153.459 Gelbviehkühe. Die entsprechenden Zahlen für 1980 lauten: 364.680 Gelbviehtiere und 117.009 Milchkühe. Dem steht ein Anstieg der Fleckviehpopulation in Bayern von 3,26 Mio. Tieren im Jahre 1974 auf knapp 3,7 Mio. 1980 gegenüber.

Die Verdrängung des Gelbviehs auf dem Gebiet der Landeszucht macht der von HINDEMITH (1976) angestellte Vergleich der Entwicklung der Erstbesamungen von Gelbvieh und Fleckvieh in Bayern deutlich (siehe Tabelle 9). Die zahlenmäßige Entwicklung der Milchleistungsprüfung für das Gelbvieh, das Fleckvieh und die

Tabelle 8: Tierzahl und Anteil am Gesamtbestand in Bayern von Gelbvieh und Fleckvieh zu Beginn des 20. Jahrhunderts sowie ein Milchleistungs-, Gewichts- und Preisvergleich (nach KRONACHER, 1911)

Rasse	Tierzahl n	Anteil am Gesamt- bestand %	Milchleistung kg	Gewicht einer Kuh kg	Preis für ein Zuchtkalb 5 - 6 Wo. alt DM
Fleckvieh (Simmentaler)	1.329.127	38,10	2.500	700 - 800	100 - 300
Landvieh mit Fleckvieh- charakter	863.774	19,91	2.000	350 - 700	50 - 150
Franken mit Scheinfeldern und Ellingern	544.498	15,70	2.000	500 - 750	60 - 170
Glan-Donners- berger	84.546	2,44	2.500 - 3.000	450 - 650	80 - 100

Tabelle 9: Anzahl der Erstbesamungen beim Gelbvieh, Fleckvieh und den Schwarzbunten in Bayern von 1966 bis 1984 (nach HINDEMITH, 1976, ergänzt durch den Jahresbericht der ARBEITSGEMEINSCHAFT DER BESAMUNGSSTATIONEN IN BAYERN, 1979, 1982 und 1984)

Jahr	Erstbesamungen		Schwarz- bunte	alle Rassen		Relation der Erstbesamungen Gelbvieh : Fleckvieh : Schwarz- bunte
	Gelbvieh n	Fleckvieh n		n	n	
1948				3.912		
1954				403.884		
1960				770.287		
1966	104.194	989.664		1.315.977	9,5	
1972	120.568	1.430.448		1.883.529	1	11,9
1975	115.349	1.635.267	60.525	2.101.673	1	14,2
1978	93.174	1.790.649	69.436	2.276.544	1	19,2
1981	92.207	1.919.032	78.451	2.433.413	1	20,8
1984	78.373	2.003.841	84.453	2.511.269	1	25,6
						1,08

Schwarzbunten in Bayern sowie die der Herdbuchtiere in den letzten 30 Jahren zeigt Tabelle 10. Tabelle 11 vergleicht die in diesem Zeitraum erbrachte Milchleistungssteigerung von Gelbvieh und Fleckvieh. In Tabelle 12 werden die Fleischleistung im Feld von Gelbvieh- und Fleckviehauktionsbullen von 1977 bis 1984 verglichen.

Tabelle 10: Anzahl aller auf Milchleistung geprüften Kühe in Herdbuch- und MLP-Betrieben beim Gelbvieh, Fleckvieh und den Schwarzbunten in Bayern (LKV, 1971 - 1984).

Jahr	MLP-Betriebe			Herdbuchbetriebe		
	Gelbvieh	Fleckvieh	Schwarzbunte	Gelbvieh	Fleckvieh	Schwarzbunte
	n	n	n	n	n	n
1952	25.950	206.778		13.179	120.782	
1956	32.532	243.020	5.770	18.220	139.496	2.200
1960	44.357	336.458	13.545	21.813	181.672	5.819
1964	38.400	308.715	13.402	19.102	181.302	5.742
1968	34.109	309.402	15.630	16.845	179.716	6.872
1972	34.507	364.251	20.049	16.112	199.546	8.766
1976	31.502	443.763	24.990	16.902	267.113	11.659
1980	31.017	574.749	30.301	17.906	374.462	15.353
1984	29.202	697.629	38.843	20.875	465.799	21.051

Tabelle 11: Leistungsvergleich zwischen Gelbvieh und Fleckvieh in Bayern nach Milch-kg aller geprüften Kühe in Herdbuch- und MLP-Betrieben (LKV, 1971 - 1984)

Jahr	MLP-Betriebe		Herdbuchbetriebe	
	Gelbvieh	Fleckvieh	Gelbvieh	Fleckvieh
	Milch-kg	Milch-kg	Milch-kg	Milch-kg
1952	2.490	2.945	2.717	3.147
1956	2.634	3.029	2.790	3.182
1960	3.018	3.511	3.316	3.730
1964	3.255	3.669	3.523	3.806
1968	3.455	3.862	3.701	4.022
1972	3.678	4.101	3.993	4.209
1976	4.047	4.389	4.242	4.581
1980	4.376	4.794	4.552	4.973
1984	4.426	4.936	4.531	5.095

Tabelle 12: Ergebnisse der Eigenleistungsprüfung von Gelbvieh- und Fleckviehauktionsbullen auf Mastleistung im Feld in Bayern (ARBEITSGEMEINSCHAFT DER BESAMUNGSSTATIONEN IN BAYERN, 1979 und 1984)

Jahr	Gewicht (kg)		tägliche Zunahme (g)	
	Gelbvieh	Fleckvieh	Gelbvieh	Fleckvieh
1977	590	594	1.234	1.215
1978	597	594	1.241	1.215
1979	600	600	1.240	1.224
1980	600	600	1.249	1.227
1981	610	607	1.259	1.230
1982	604	601	1.263	1.236
1983	605	602	1.260	1.242
1984	610	607	1.265	1.249

2.3. Modelle zur Schätzung des mittleren Leistungsniveaus von Reinzucht- und Kreuzungspopulationen

2.3.1. Linearkombinationen der Kreuzungsparameter: Populationsdifferenz, Heterosiseffekt und Rekombinationsverlust

Einen wesentlichen Beitrag zur Abschätzung des zu erwartenden Leistungsniveaus von Kreuzungsgenerationen liefern die Arbeiten von DICKERSON (1969, 1973 und 1974), PIRCHNER (1969) und FEWSON (1973 und 1976). DICKERSON (1969) definiert eine Reihe von Kreuzungsparametern, die es erlauben, das mittlere Leistungsniveau zu interpretieren, d.h. als Linearkombinationen von Kreuzungsparametern auszudrücken (siehe Formel 1).

Formel 1: Linearkombinationen von Kreuzungsparametern

$$\bar{L}_{(PxPy)} = \bar{P}_x + k_{(g)}g_{(Py)} + k_{(h)}h_{(PxPy)} + k_{(r)}r_{(PxPy)}$$

$\bar{L}_{(PxPy)}$ = mittleres Leistungsniveau der Kreuzungsgeneration PxPy

$\bar{P}_x$ = mittleres Leistungsniveau der Elternpopulation Px

Kreuzungsparameter:

$g_{(Py)}$ = Populationsdifferenz der Elternpopulation Px von der Elternpopulation Py

$h_{(PxPy)}$ = Heterosiseffekt der Kreuzungsgeneration PxPy

$r_{(PxPy)}$ = Rekombinationsverlust der Kreuzungsgeneration PxPy

$k_{(g)}, k_{(h)}, k_{(r)}$ = Koeffizienten der Kreuzungsparameter

Die Kreuzungsparameter stellen Leistungsdifferenzen dar, die Kreuzungskoeffizienten definieren ihre Bedeutung für die zu beschreibende Reinzucht- oder Kreuzungsgeneration. Während DICKERSON (1969) von der Durchschnittsleistung der Reinzuchtpopulationen ausgeht, wobei:

$$\overline{P_1P_2} = \frac{\bar{P}_1 + \bar{P}_2}{2} = \overline{P_1P_2} + 1/2g_{(P_1)} + 1/2g_{(P_2)} ,$$

wird vor allem von den deutschen Autoren (FEWSON, 1973 u. 1976; SCHULTE-COERNE, 1976; CLEMENT, 1978 und BOIE, 1981) die heimische Reinzuchtpopulation als Bezugspopulation genommen (in Formel 1: P_x).

2.3.1.1. Die Populations- oder Rassendifferenz

Die Populations- oder Rassendifferenz ist definiert als die Leistungsabweichung des Durchschnitts der Bezugspopulation P_x von der Population P_y (siehe Formel 2).

Formel 2: Populationsdifferenz

$$g_{(P_y)} = \bar{P}_y - \bar{P}_x$$

$g_{(P_y)}$ = Populationsdifferenz zwischen Population P_x und P_y

$\bar{P}_x$ = mittleres Leistungsniveau der Population P_x

$\bar{P}_y$ = mittleres Leistungsniveau der Population P_y

Die Rassendifferenz wird vor allem von additiven (Durchschnitts-)Geneffekten bestimmt. FEWSON (1973) weist aber darauf hin, daß in den Mittelwert einer Population auch jede Art von Interaktionseffekten von Genen innerhalb und zwischen Loci eingeht und somit auch in der Populationsdifferenz bereits ein Anteil der Heterosis enthalten ist.

Nimmt man die heimische Reinzuchtpopulation (P_x) als Bezugspopulation, so ergibt sich der Koeffizient der Populationsdifferenz ($k_{(g)}$) aus dem spezifischen Genanteil der Fremdpopulation (P_y) in der Kreuzungsgeneration (P_xP_y). Der Fremdgenanteil und damit auch $k_{(g)}$ ist aber, außer in der F_1 -Generation (Fremdgenanteil = $1/2 = k_{(g)}$), nur ein Erwartungswert. ESSL (1976) erstellt mittels verschiedener Theo-

reme der Kombinatorik allgemeine Formeln zur Berechnung der Wahrscheinlichkeit von Fremdchromosomen. So haben in einer F_2 -Rinderkreuzungspopulation ($F_1(P \times P_y) \times F_1(P \times P_y)$) nur 90,75 % der Individuen einen Fremdchromosomengehalt zwischen 40 und 60 %. Der Erwartungswert liegt bei 50 % ($= k_{(g)} = 1/2$). Dies kann bei kleiner Tierzahl der Kreuzungsgruppen von Bedeutung sein.

2.3.1.2. Die Heterosis oder der Heterosiseffekt

Der Terminus Heterosis geht nach FISCHER (1978) und SHERIDAN (1981) auf SHULL im Jahre 1914 zurück. SHULL leitet den Ausdruck Heterosis von den Begriffen "stimulus of heterozygosity" oder "heterozygosis" ab, für die von ihm beobachtete gesteigerte Wüchsigkeit von Hybridpflanzen im Vergleich zu ihren Eltern.

Seit langem ist bekannt, daß Inzucht zu Leistungsabfall (Inzuchtdepression) und Kreuzungszucht zu einer Leistungssteigerung (Heterosis) führt. Während Inzucht eine Verminderung der Anzahl der heterozygoten Loci nach sich zieht, wird durch Kreuzungszucht der Heterozygotiegrad erhöht. An diese Erkenntnis knüpfen nach FEWSON (1980) die ersten Erklärungsversuche der Heterosis an, nach welchen von der "Heterozygotie per se" eine allgemeine physiologische Stimulierung ausgeht, die zu einer Leistungssteigerung führt.

Das Ausmaß der Heterosis, der Kreuzungsparameter $h_{(P \times P_y)}$ wird in der Pflanzenzucht (Formel 3) in der Regel anders definiert als in der Tierzucht (Formel 4). MATHER und JINKS (1982) definieren den Heterosiseffekt als die Überlegenheit der F_1 -Generation über das Leistungsniveau der besseren Elterngeneration (siehe Formel 3).

Formel 3: Heterosiseffekt (Pflanzenzucht)

$$h_{(PxPy)} = \bar{F}_1(PxPy) - \bar{P}_Y \quad \text{wobei } \bar{P}_Y > \bar{P}_X$$

$h_{(PxPy)}$ = Heterosiseffekt der Kreuzung Px X Py

$\bar{F}_1(PxPy)$ = mittleres Leistungsniveau der F_1 -Generation

$\bar{P}_Y$ = mittleres Leistungsniveau der leistungstärkeren parentalten Generation Py

In der Tierzucht wird der Heterosiseffekt fast ausschließlich definiert als die Abweichung des Leistungsmittels der F_1 -Generation vom Durchschnitt aus den Leistungsmitteln der Elternpopulationen (siehe Formel 4 und Abb. 7).

Formel 4: Heterosiseffekt (Tierzucht)

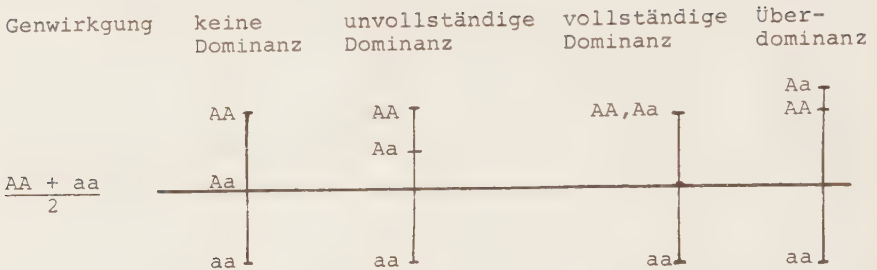
$$h_{(PxPy)} = \bar{F}_1(PxPy) - \overline{PxPy}$$

$h_{(PxPy)}, \bar{F}_1(PxPy)$ = siehe Formel 3

$\overline{PxPy} = \frac{\bar{P}_X + \bar{P}_Y}{2}$ = Durchschnitt aus den mittleren Leistungsniveaus der Elternpopulationen Px und Py

Der Heterosiseffekt oder Heterosiszuwachs beruht vor allem auf dominanzbedingten Genwirkungen. Im Heterosiseffekt nach diesen Definitionen (Formel 3 und 4) sind daneben aber auch epistatische Wechselwirkungen zwischen sich vereinigenden Gameten enthalten, sowie die Kompensation der aufgrund zu kleiner Populationen durch Zufallsdrift entstandenen Inzuchtdepression innerhalb der Reinzuchtpopulationen (DICKERSON, 1973). Bei den dominanzbedingten Geneffekten kann es sich um teilweise, vollständige oder Überdominanz handeln (siehe Abb. 2).

Abb. 2: Dominanzgrade



AA- = Genwirkung der leistungsstärkeren Gene eines Locus
bei Homozygotie

aa- = Genwirkung der leistungsschwächeren Gene eines Locus
bei Homozygotie

Aa- = Genwirkung bei Heterozygotie

Überdominanz kann durch chromosomale Kopplung von Loci vor-
getäuscht werden, da sich eine Gensequenz in einem Experi-
ment über wenige Generationen wie ein Gen verhalten kann;
man spricht dann von Pseudo- oder assoziativer Überdominanz
(PIRCHNER, 1979).

Der durchschnittliche Dominanzeffekt ist nach CUNNINGHAM
(1981 und 1982) eine Funktion der physiologischen Effekte
der Gene und kann als fix betrachtet werden. Heterosis ist
somit eine lineare Funktion der heterozygoten Loci. Das Aus-
maß des Heterosiseffektes hängt damit von der durch die Kreu-
zung bedingten Erhöhung des Heterozygotiegrades ab.

HIERL (1976) und MAYRHOFER und DWORAK (1983) schätzen den
Heterozygotiegrad leicht erfaßbarer Markergene von Blutgrup-
pen und biochemischen Loci.

HIERL (1976) findet dabei beim Rind zwischen den einzelnen Reinzuchtstieren einen Schwankungsbereich von unter 10 % bis über 70 %. Die Angaben über den durchschnittlichen Heterozygotiegrad für diese Merkmale beim reinrassigen Rind schwanken von 35 % (HIERL, 1976) bis etwa 50 % (MAYRHOFER und DWORAK, 1983). Für alle Leistungsmerkmale ist es aber nicht möglich, den Durchschnittsheterozygotiegrad einer Population zu bestimmen. Die Erhöhung des Heterozygotiegrades durch Kreuzung kann also wegen der fehlenden Kenntnis der tatsächlichen Gen- und Genotypfrequenzen in den Ausgangspopulationen nur als relative Steigerung des Heterozygotiegrades verstanden werden (FEWSON, 1976). Diese Steigerung ist abhängig vom Anteil der Loci, an welchen je ein Gen der einen Rasse und ein Gen der anderen Rasse aufeinandertreffen. FEWSON (1973) nennt einen Locus mit 2 Allelen verschiedener Rassenherkunft eine "Kreuzungsgenkombination".

Der erwartete Anteil der Kreuzungsgenkombinationen in einer Kreuzungsgeneration bestimmt dann den Kreuzungskoeffizienten ($k_{(h)}$). Er wird am einfachsten mit der von FEWSON (1976) vorgeschlagenen Methode der Kombinationsquadrate bestimmt (siehe Abb. 3).

Abb. 3: Ableitung des Koeffizienten des Heterosiseffektes $k_{(h)}$ mittels eines Kombinationsquadrates am Beispielspiel der 1. Rückkreuzungsgeneration auf $P \times R_1(P \times)$

$$R_1(P \times) = F_1(P \times P_y) (\text{♀}) \times P \times (\text{♂})$$

		mütterlicher Gamet	
		1/2A	1/2a
väterlicher Gamet	1a	1/2Aa	1/2aa

Kreuzungsgenkombination
 $\Rightarrow k_{(h)} = 1/2$

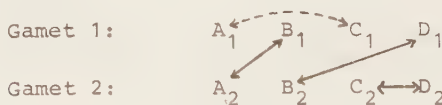
Legende zu Abb. 3:

- A = Gen am Locus A, das von der leistungsstärkeren Population Py stammt
- a = Gen am Locus A, das von der leistungsschwächeren Population Px stammt
- Aa, aa = Genotypen in der R_1 (Px)

2.3.1.3. Der Rekombinationsverlust oder Rekombinationseffekt

Der Rekombinationseffekt beschreibt nach DICKERSON (1969 und 1973) den Verlust von günstigen epistatischen Wechselwirkungen innerhalb von Gameten. Während Wechselwirkungen zwischen sich vereinigenden Gameten bereits zur Heterosis in der F_1 -Generation beitragen, werden Wechselwirkungen innerhalb von Gameten zwischen zwei voneinander unabhängigen Loci erst in der F_2 -Generation zerbrochen (siehe Abb. 5). FEWSON (1976) stellt den Unterschied der digenen Epistasie zwischen und innerhalb von Gameten graphisch dar (siehe Abb. 4).

Abb. 4: Digene Epistasie (modifiziert nach FEWSON, 1976)



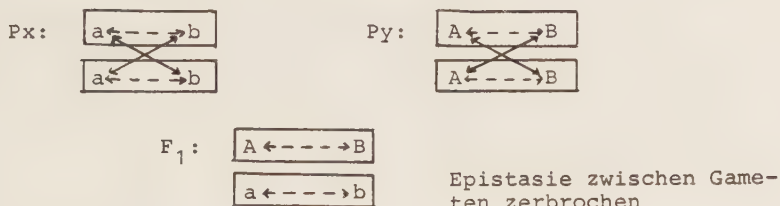
↔ = digene Epistasie zwischen Gameten

-----> = digene Epistasie innerhalb von Gameten

A, B, C, D = verschiedene Loci

A₁, A₂, B₁, B₂ ... = Gene dieser Loci

Abb. 5: Epistasie zwischen und innerhalb von Gameten in der Px-, Py-, F₁- und F₂-Generation



mögliche Gameten für die F₂-Generation:

1/4  ; 1/4  ; 1/4  ; 1/4  ;

Epistasie innerhalb von Gameten zerbrochen

a,b,A,B, = Gene am Locus A bzw. B

↔ ↔ = siehe Abb. 4.

 = Gamet

Der Rekombinationsverlust wird in der F₂-Generation festgestellt (siehe Formel 5 und Abb. 7).

Formel 5: Rekombinationsverlust

$$\begin{aligned} r_{(PxPy)} &= 2\bar{F}_2(PxPy) - (\bar{F}_1(PxPy) + \overline{PxPy}) \\ &= 2(\bar{F}_2(PxPy) - \bar{F}_1(PxPy) + 1/2h_{(PxPy)}) \end{aligned}$$

$r_{(PxPy)}$ = Rekombinationseffekt

$\bar{F}_2(PxPy)$ = mittleres Leistungsniveau der F₂-Generation

übrige Symbole: siehe Formel 3 und 4

Der Kreuzungskoeffizient des Rekombinationsverlustes $k_{(r)}$ beschreibt nach DICKERSON (1973) den Anteil an den unabhängig verteilten 2-Locuskombinationen innerhalb von Gameten, von dem erwartet wird, daß sie nicht elterliche Kombinationen, d.h. Kombinationen von Loci in den Reinzuchtelternrassen, sind (siehe Abb. 5 und 6). Auch dieser Koeffizient läßt sich mittels Kombinationsquadraten bestimmen (Abb. 6).

Abb. 6: Ableitung des Koeffizienten des Rekombinationseffektes mittels Kombinationsquadraten, am Beispiel der Kreuzung der F_1 -Generation mit der R_1 -Generation (nach FEWSON, 1976)

		$F_1 (P \times P_y) \quad (\text{♀}) \times R_1 (P_y) \quad (\text{♂})$	
Gamet der Mutter		Gamet des Vaters	
Genort A		Genort A	
1/2A 1/2a		3/4A 1/4a	
Genort B	1/2B	1/4AB	1/4aB
	1/2b	1/4Ab	1/4ab
		Genort B	
		3/4B	9/16AB 3/16aB
		1/4b	3/16Ab 1/16ab

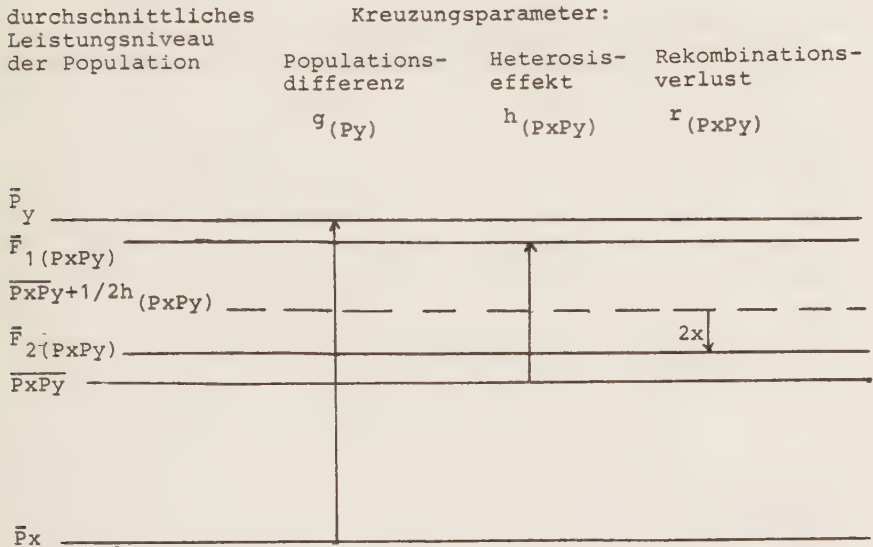
$$k_{(r)} = (1/4 + 1/4 + 3/16 + 3/16) = 7/16$$

= 2-Locuskombination, welche keine elterliche Kombination ist

$k_{(r)}$ = Koeffizient des Rekombinationsverlustes

übrige Symbole: analog Abb. 3, siehe dort

Abb. 7: Graphische Darstellung der Definition der Kreuzungsparameter



verwendete Symbole: siehe Formel 2, 4 und 5

2.3.1.4. Individuelle, maternale, paternale und großmütterliche Effekte

Für die Ausprägung eines Merkmals kann neben dem Genotyp des Individuums selbst, auch der Genotyp der Mutter (bei Aufzuchtleistungen, wie z.B. dem Absetzgewicht der Lämmer) oder des Vaters (bei Reproduktionsleistungen wie z.B. der Wurfgröße beim Schwein) von Bedeutung sein. DICKERSON (1969) weist noch darauf hin, daß auch der Genotyp der Großmutter eine gewisse Rolle spielen könnte, wie auch sogenannte "joint effects" als Auswirkung der gegenseitigen Beeinflussung dieser Parameter. Diese individuellen, maternalen, paternalen und großmütterlichen Effekte können sich sowohl auf die Populationsdifferenz, und bei Kreuzungseltern auch auf den Heterosis-

effekt, und den Rekombinationsverlust auswirken. Damit ist jeder dieser Kreuzungsparameter in die vier genannten Komponenten auftrennbar. In Formel 6 ist das mittlere Leistungsniveau einer Kreuzungsgruppe als Linearkombination aus allen bisher genannten Kreuzungsparametern dargestellt.

Formel 6: Mittleres Leistungsniveau einer Kreuzungspopulation als Linearkombination von Kreuzungsparametern

$$\begin{aligned} \bar{L}_{(PxPy)} = & \bar{P}_x + k_{(g^I)} g_{(Py)}^I + k_{(h^I)} h_{(PxPy)}^I + k_{(r^I)} r_{(PxPy)}^I + \\ & k_{(g^M)} g_{(Py)}^M + k_{(h^M)} h_{(PxPy)}^M + k_{(r^M)} r_{(PxPy)}^M + \\ & k_{(g^P)} g_{(Py)}^P + k_{(h^P)} h_{(PxPy)}^P + k_{(r^P)} r_{(PxPy)}^P + \\ & k_{(g^{M'})} g_{(Py)}^{M'} + k_{(h^{M'})} h_{(PxPy)}^{M'} + k_{(r^{M'})} r_{(PxPy)}^{M'} + j.e. \end{aligned}$$

Symbole: siehe Formel 1

j.e. = joint effects

Die Indices bedeuten:

- I = individuelle Effekte
- M = maternale Effekte
- P = paternale Effekte
- M' = großmütterliche Effekte

In Tabelle 13 sind die Koeffizienten der Kreuzungsparameter aus Formel 6 für verschiedene Kreuzungsgruppen aufgelistet.

Tabelle 13: Koeffizienten der Kreuzungsparameter aus Formel 6 für verschiedene Kreuzungsgruppen

Kreuzungsgruppe	Koeffizienten der Kreuzungseffekte:											
	g^I	h^I	r^I	g^M	h^M	r^M	g^P	h^P	r^P	$g^{M'}$	$h^{M'}$	$r^{M'}$
Px	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Py	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
$F_1(PxPy), P_x(\varphi)$	1/2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
$F_1(PxPy), P_y(\varphi)$	1/2	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
$F_2(PxPy)$	1/2	1/2	1/2	1/2	1	0	1/2	1	0	1/2	0	0
$R_1(Px), F_1(\varphi)$	1/4	1/2	1/4	1/2	1	0	0	0	0	1/2	0	0
$R_1(Py), F_1(\sigma^*)$	3/4	1/2	1/4	1	0	0	1/2	1	0	1	0	0
$R_3(Py) \quad P_y(\sigma^*)$	$\frac{15}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{7}{64}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$	1	0	0	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
$F_1(PxPy) \times P_z(\sigma^*)$	3/4	1	1/4	1/2	1	0	1/2	1	0	1/2	0	0
$F_1(PxPy) (\varphi) \times$	3/4	1	1/4	1/2	1	0	1	1	0	1/2	0	0
$F_1(PwPz) (\sigma^*)$												

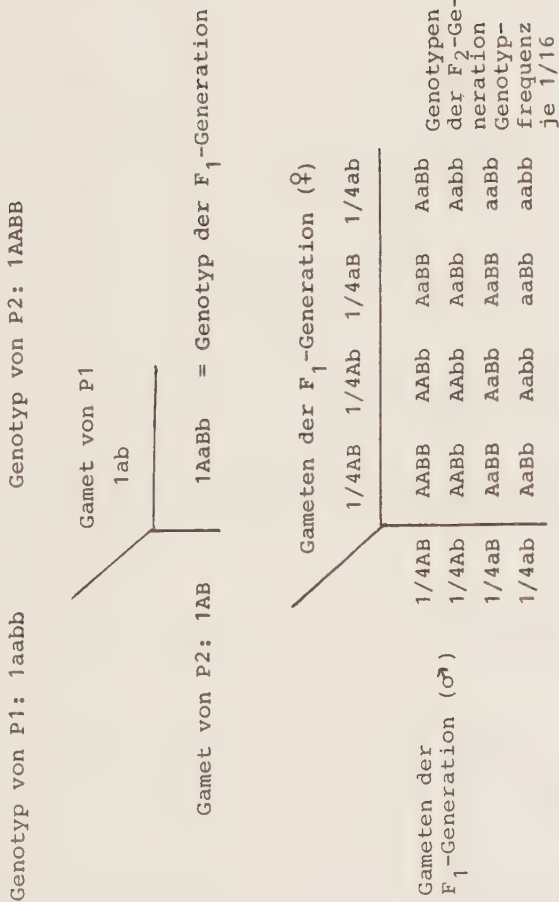
Gegen den Einfluß der epistatischen Komponente auf den Kreuzungsgruppenmittelwert als Rekombinationsverlust wendet HILL (1981) ein, daß es ziemlich grundlos scheint, "cis acting effects" (Epistasie innerhalb von Gameten) für wichtig zu halten, wenn von unverknüpften Loci ausgegangen wird. Auch andere Autoren wie MATHER und JINKS (1982), JAKUBEC (1981), JAKUBEC und HYANEK (1982) und KINGHORN (1980) versuchen, die epistatischen Effekte detaillierter wiederzugeben und die Heterosis als rein dominanzbedingtes Phänomen zu beschreiben. Diese Modelle sollen in den folgenden Kapiteln vorgestellt werden.

2.1.1. Beschreibung des mittleren Leistungsniveaus einer Population durch additive, dominante und epistatische Geneffekte

Ein Modell, welches von MATHER und JINKS (1982) ausführlich dargestellt wird und auf das mehrere Autoren (BRADE, 1983; HILL, 1982; JAKUBEC, 1981 und JAKUBEC und HYANEK, 1982) in den letzten Jahren Bezug nehmen, soll hier zusätzlich zum Modell von DICKERSON vorgestellt werden. Dieses Modell geht vom Genotyp und den Genotypfrequenzen in den einzelnen Kreuzungsgenerationen aus. Zwei Loci mit den Allelen A und a sowie B und b ergeben in einem diploiden Organismus verschiedene Genotypen. Abb. 8 zeigt diese 9 Genotypen und leitet ihre Frequenzen in der F_2 -Generation her. In Abb. 8 wird von assoziierter Allelverteilung ausgegangen, d.h. die dominanten Gene A und B sowie die rezessiven Gene a und b sind jeweils auf eine Elterngeneration beschränkt.

Die meisten Merkmale werden aber nicht von 2 Loci bestimmt, sondern von mehreren. Zudem kommen absolut homozygote Elterngenerationen, die extreme Inzucht voraussetzen, beim Nutztier nicht vor. Vereinfachend wird deshalb angenommen, daß Heterozygotie und ungleiche Allelverteilung in den Elternrassen keinen Einfluß auf Leistungsunterschiede zwischen Reinzucht und Kreuzungsgruppen haben. Die 8 Parameter lassen sich dann wie folgt zu 5 Parametern zusammenfassen und können als Durchschnittseffekte aufgefaßt werden:

Abb. 8: Ableitung der Genotypen und deren Frequenzen in der F₂-Generation bei assoziierter Genverteilung in den Elterngenerationen



durch Summierung der gleichen Genotypen erhält man:

1/16AABB	1/8AaBB	1/16aaBB
1/8 AABb	1/4AaBb	1/8 aaBb
1/16AAbb	1/8Aabb	1/16aabb

Durchschnitt der:

- additiven Effekte $= a = \frac{a_A + a_B}{2}$
- dominanten Effekte $= d = \frac{d_A + d_B}{2}$
- homozygot X homozygoten Effekte $= i = i_{AB}$
- homozygot X heterozygoten Effekte $= j = \frac{j_{AB} + j_{BA}}{2}$
- heterozygot X heterozygoten Effekte $= l = l_{AB}$

Formel 7 und 8 zeigen die Linearkombinationen der Mittelwerte der F_1 -Generation und der $R_1(p_1)$ -Generation aus den 8 bzw. 5 genetischen Parametern und errechnen den Wert für das Zahlenbeispiel aus Abb. 10 (siehe hierzu auch Abb. 8 - 10).

Formel 7: Linearkombination der Parameter nach MATHER und JINKS (1982) für die F_1 -Generation

$$\bar{F}_1 = m + d_A + d_B + l_{AB} = m + d + l = 4,5 \quad (\text{Symbole siehe Text})$$

Formel 8: Linearkombination der Parameter nach MATHER und JINKS (1982) für die $R_1(p_1)$ -Generation

$$\begin{aligned} \bar{R}_1(p_1) &= m + 1/4d_A + 1/4d_B + 1/4l_{AB} + 1/4d_A - 1/4a_B - 1/4j_{BA} \\ &\quad + 1/4d_B - 1/4a_A - 1/4j_{AB} - 1/4a_A - 1/4a_B + 1/4i_{AB} \\ &= m + 1/2d - 1/2a + 1/4i - 1/4j + 1/4l = -0,5 \end{aligned}$$

Der genetische Wert dieser 9 Genotypen kann durch 8 Parameter vollständig beschrieben werden. Der genetische Wert eines Locus läßt sich durch additive Effekte = a und Dominanzeffekte = d erklären: a_A und d_A für Locus A und a_B und d_B für Locus B, wobei

$+a_A \hat{=}$ dem genetischen Wert von AA als Abweichung vom Mittel aus AA und aa ($= m$)

$-a_A \hat{=}$ dem genetischen Wert von aa als Abweichung von m

$d_A \hat{=}$ dem genetischen Wert von Aa als Abweichung von m.

Entsprechendes gilt für Locus B.

Weitere 4 Parameter sind dann noch nötig, um die epistatischen Interaktionen zwischen dem Locus A und B zu beschreiben:

i_{AB} = homozygote X homozygote Interaktionen ($a_A \times a_B$)

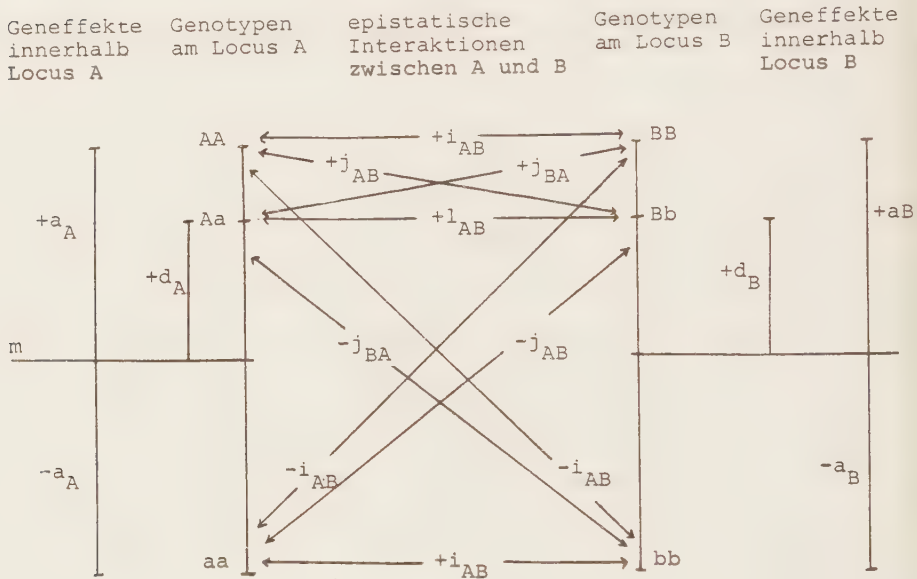
j_{AB} = homozygote X heterozygote Interaktion ($a_A \times d_B$)

j_{BA} = heterozygote X homozygote Interaktion ($d_A \times a_B$)

l_{AB} = heterozygote X heterozygote Interaktion ($d_A \times d_B$)

Abb. 9 stellt die 8 genetischen Parameter graphisch dar und definiert sie als Abweichung von m, dem Mittelwert aus AA und aa bzw. BB und bb. Die Definition der 4 epistatischen Parameter wird von Van der VEEN (1959) auf Definitionen von SMITH und ROBSON zurückgeführt (zit. n. MATHER, 1967).

Abb. 9: Graphische Darstellung und Definition der 8 genetischen Parameter zur Beschreibung des genetischen Wertes der Genotypen eines 2-Locusmodells



Erklärung der Symbole: siehe Text

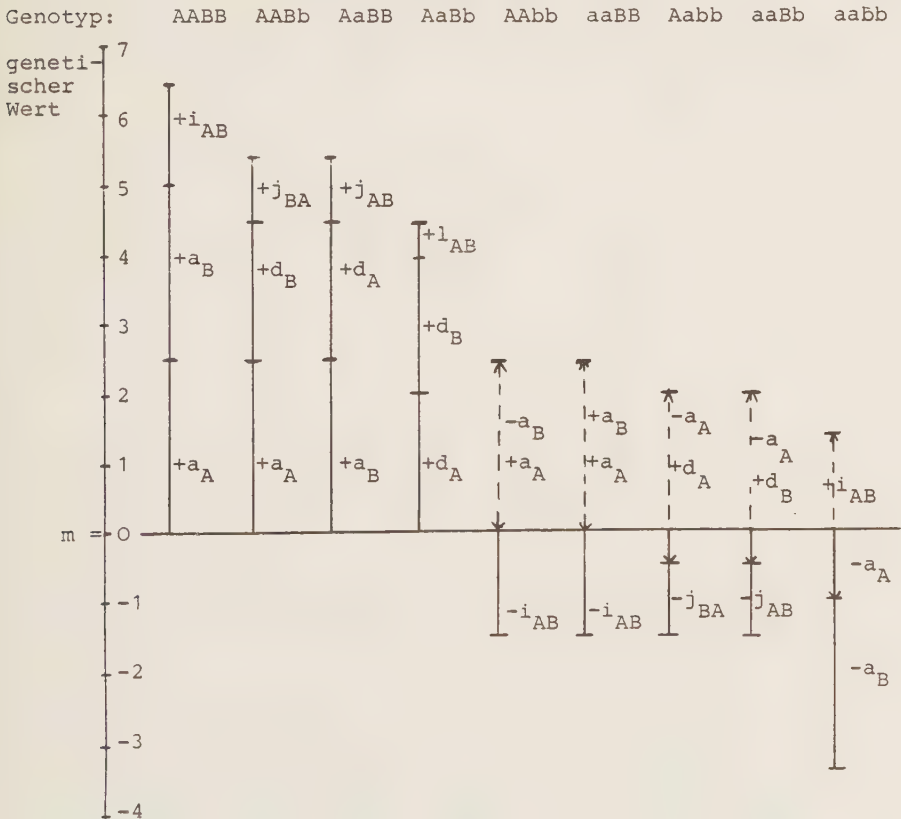
Sind die Genotypen und ihre Frequenzen in einer Kreuzungsgeneration bekannt (Ableitung siehe Abb. 8), so lässt sich der genetische Wert dieser Kreuzungsgeneration leicht durch Summierung der genetischen Effekte der beteiligten Genotypen unter Berücksichtigung ihrer Frequenzen errechnen. Abb. 10 zeigt die 9 verschiedenen Genotypen eines 2-Locusmodells, die jeweils beteiligten Parameter und stellt ihren genetischen Wert an einem Beispiel graphisch dar.

Abb. 10: Die 9 verschiedenen Genotypen eines diploiden Organismus in einem 2-Locusmodell und ihr genetischer Wert bei der Beschreibung durch 8 Parameter sowie dessen graphische Darstellung an einem Beispiel

genetischer Wert der Parameter im Beispiel:

$$a_A = a_B = 2,5 ; d_A = d_B = 2,0 ; i_{AB} = 1,5$$

$$j_{AB} = j_{BA} = 1,0 ; l_{AB} = 0,5 ;$$



Erklärung der Symbole siehe Text

Tabelle 14 zeigt die an den Leistungsmittelwerten von Reinzucht- und Kreuzungsgruppen beteiligten Durchschnittseffekte und ihre Koeffizienten.

Tabelle 14: Koeffizienten der Kreuzungsparameter, definiert nach MATHER und JINKS (1982)

Generation	Parameter					
	m	a	d	i	j	l
P1	1	-1	0	1	0	0
P2	1	1	0	1	0	0
$\overline{P1P2}$	1	0	0	1	0	0
F ₁	1	0	1	0	0	1
F ₂	1	0	1/2	0	0	1/4
R ₁ (P1)	1	-1/2	1/2	1/4	-1/4	1/4
R ₁ (P2)	1	1/2	1/2	1/4	1/4	1/4
R ₂ (P1)	1	-3/4	1/4	9/16	-3/16	1/16
R ₂ (P2)	1	3/4	1/4	9/16	3/16	1/16

Durch Einsetzen der in Tabelle 14 aufgeführten Koeffizienten in die Gleichungen verschiedener Generationen lassen sich die genannten Parameter ermitteln.

Dieses Modell zur Beschreibung von Kreuzungs- und Reinzuchtgruppenmittelwerten kann auch auf 3- und Mehrlocusinteraktionen ausgedehnt werden. Für ein 3-Locusmodell ergeben sich aber 3 additive, 3 Dominanz- und 20 epistatische Komponenten. Für n-Loci errechnet COCKERHAM (1954) $3^n - 1$ Komponenten, davon $3^n - 2n - 1$ epistatische Komponenten. MATHER und JINKS (1982) kommen zu dem Schluß, daß zuerst nachgewie-

sen werden soll, daß 2-Locusinteraktionen keine ausreichende Erklärung für phänotypische Unterschiede sind, bevor komplexere Interaktionen in Erwägung gezogen werden.

2.3.3. Definition der Kreuzungsparameter in der F_2 -Generation

HILL (1982) benützt 8 Parameter, um den genetischen Wert einer Population in einem 2-Locusmodell zu beschreiben. Er bezieht sich dabei auf die von COCKERHAM (1954) gebrauchten Begriffe:

- additive Geneffekte am Locus A: a_A
- additive Geneffekte am Locus B: a_B
- dominanzbedingte Geneffekte am Locus A: d_A
- dominanzbedingte Geneffekte am Locus B: d_B
- additiv X additive Geneffekte: aa_{AB}
- additiv X dominante Geneffekte: ad_{AB}
- dominant X additive Geneffekte: da_{AB}
- dominant X dominante Geneffekte: dd_{AB}

HILL (1982) verwendet die von KEMPTHORNE (1956) definierten Koeffizienten der Parameter zur Beschreibung der genotypischen Werte der 9 möglichen Zweilocusgenotypen (Abb. 8), wobei er aber die Vorzeichen der Koeffizienten der Dominanzeffekte umgekehrt setzt. Er gleicht damit die Koeffizienten der heute üblichen Vorstellung an, daß ein positiver Dominanzeffekt von heterozygoten Loci ausgeht. HILL (1982) ordnet die genetischen Effekte den 9 Genotypen mittels 9 Kontrasten zu. Ein Kontrast besteht aus 8 Konstanten für die 8 möglichen genetischen Effekte. Da die Konstanten für den additiven Effekt eines Gens, für den Dominanzeffekt eines Genortes sowie für die Produkte dieser Effekte stehen, müssen die Konstanten des Kontrastes noch mit den entsprechenden Werten der Tabelle 15 multipliziert werden.

Das Beispiel in Abb. 11 zeigt, wie sich der genotypische Wert eines Genotyps aus einem Kontrast ergibt, wobei jede Konstante mit dem Absolutbetrag des entsprechenden Koeffizienten aus Tabelle 15 multipliziert wurde. Die Koeffizienten wurden von KEMPTHORNE (1956) so definiert, daß unter Berücksichtigung aller Genotypen der F_2 -Generation und deren Genotypfrequenzen (siehe Abb. 8) die genetischen Effekte in der F_2 -Generation Null ergeben. Die F_2 -Generation stellt also die Referenzgeneration dar, ihr Leistungsniveau entspricht μ . Die Abweichung des Leistungsniveaus anderer Generationen von μ ist dann Ausdruck von Unterschieden in den Effekten zur F_2 -Generation.

Tabelle 15: Definition der Koeffizienten der genetischen Parameter zur Beschreibung der genotypischen Werte der 9 Genotypen eines 2-Locusmodells, definiert von KEMPTHORNE (1956) und modifiziert von HILL (1982)

Genotyp	Parameter								
	μ	a_A	a_B	d_A	d_B	aa_{AB}	ad_{AB}	da_{AB}	dd_{AB}
AABB	1	2	2	-1	-1	4	-2	-2	1
AABb	1	2	0	-1	1	0	2	0	-1
AAbb	1	2	-2	-1	-1	-4	-2	2	1
AaBB	1	0	2	1	-1	0	0	2	-1
AaBb	1	0	0	1	1	0	0	0	1
Aabb	1	0	-2	1	-1	0	0	-2	-1
aaBB	1	-2	2	-1	-1	-4	2	-2	1
aaBb	1	-2	0	-1	1	0	-2	0	-1
aabb	1	-2	-2	-1	-1	4	2	2	1

Abb. 11: Kontraste zur Definition der Geneffekte (nach HILL, 1982) mit Beispiel

a_A	1	1	1		a_B	1	0	-1		
	0	0	0			1	0	-1		
	-1	-1	-1			1	0	-1		
d_A	-1	-1	-1		d_B	-1	1	-1		AABB AABb AAbb
	1	1	1			-1	1	-1		AaBB AaBb Aabb
	-1	-1	-1			-1	1	-1		aaBB aaBb aabb
aa_{AB}	1	0	-1							
	0	0	0							
	-1	0	1							
ad_{AB}	-1	1	-1		da_{AB}	-1	0	1		
	0	0	0			1	0	-1		
	1	-1	1			-1	0	1		
dd_{AB}	1	-1	1							
	-1	1	-1							
	1	-1	1							

Zum Beispiel ergibt sich der genetische Wert des Genotyps AABB wie folgt:

$$\mu + 2a_A + 2a_B - 1d_A - 1d_B + 4aa_{AB} - 2ad_{AB} - 2da_{AB} + 1dd_{AB}$$

Erklärung: siehe Text

Die 8 Einzelparameter lassen sich nach HILL (1982) zu 5 sogenannten "zusammengesetzten Effekten" wie folgt zusammenfassen:

- | | |
|----------------------------------|----------------------------|
| 1) additiver Geneffekt: | $a = 2a_A + 2a_B$ |
| 2) Dominanzeffekt: | $d = d_A + d_B$ |
| 3) additiv X additiver Geneffekt | $aa = 4aa_{AB}$ |
| 4) additiv X Dominanzeffekt | $ad = 2ad_{AB} + 2da_{AB}$ |
| 5) Dominanz X Dominanzeffekt | $dd = dd_{AB}$ |

Unter Berücksichtigung der Genotypen und ihrer Frequenzen lassen sich dann mittels der Kontraste und Tabelle 15 der ge-

netische Wert einer Reinzucht- oder Kreuzungsgeneration errechnen und als zusammengesetzte Effekte ausdrücken. Im folgenden Beispiel soll für die $R_1(p_2)$ -Generation die Herleitung der zusammengesetzten Effekte demonstriert werden.

Beispiel: Die $R_1(p_2)$ hat die Genotypfrequenzen: $1/4AABB$, $1/4AABb$
 $1/4AaBB$, $1/4AaBb$

mit den genetischen Effekten:

$$1/4AABB: \quad 1/4(\mu + 2a_A + 2a_B - d_A - d_B + 4aa_{AB} - 2ad_{AB} - 2da_{AB} + dd_{AB})$$

$$1/4AABb: \quad + 1/4(\mu + 2a_A - d_A + d_B + 2ad_{AB} - dd_{AB})$$

$$1/4AaBB: \quad + 1/4(\mu + 2a_B + d_A - d_B + 2da_{AB} - dd_{AB})$$

$$1/4AaBb: \quad + 1/4(\mu + d_A + d_B + dd_{AB}) =$$

$$= \mu + a_A + a_B + aa_{AB}$$

$$= \mu + 1/2a + 1/4aa$$

Der genetische Wert der $R_1(p_2) = \mu + 1/2a + 1/4aa$

In Tabelle 16 sind die so ermittelten, zusammengesetzten Effekte und ihre Koeffizienten für verschiedene Reinzucht- und Kreuzungsgenerationen aufgeführt. Tabelle 17 zeigt Schätzgleichungen für die einzelnen zusammengesetzten Effekte und die eventuell darin enthaltenen Schätzfehler.

Tabelle 16: Koeffizienten der zusammengesetzten Effekte

Generation	Parameter					
	μ	a	d	aa	ad	dd
P_1	1	-1	-1	1	1	1
P_2	1	1	-1	1	-1	1
$\bar{P} = \frac{P_1 + P_2}{2}$	1	0	-1	1	0	1
F_1	1	0	1	0	0	1
F_2	1	0	0	0	0	0
$R_1(P_1)$	1	-1/2	0	1/4	0	0
$R_1(P_2)$	1	1/2	0	1/4	0	0
$\bar{R}_1$	1	0	0	1/4	0	0

Erklärung der Symbole siehe Text

Tabelle 17: Schätzgleichungen für die zusammengesetzten Effekte und die enthaltenen Schätzfehler (nach HILL, 1982)

Parameter	Schätzgleichung	Schätzfehler im 2-Locusmodell
a	$\frac{P_1 + P_2}{2}$	-ad
d	$\frac{F_1 + \bar{P}}{2}$	$-\frac{aa}{2}$
d	$\frac{F_1 - 4\bar{R} - \bar{P} - 4F_2}{2}$	
aa	$4(\bar{R} - F_2)$	
dd	$\frac{\bar{P} + F_1 + F_2 + 4\bar{R}}{2}$	
F ₂ -Generation	$\frac{\bar{P} + F_1}{2}$	$\frac{aa}{2} + dd$

$$\bar{P} = \frac{P_1 + P_2}{2}$$

$$\bar{R} = \frac{R_1(P_1) + R_1(P_2)}{2}$$

übrige Symbole siehe Text

2.3.4. Definition der epistatischen Komponenten und des epistatischen Verlustes für Mehrassenkreuzungen

Im Gegensatz zu den Modellen von MATHER und JINKS (1982) und HILL (1982), die sich auf Kreuzungen zweier Rassen beschränken, stellt KINGHORN (1980) ein 2-Locusmodell vor, das die epistatischen Komponenten auch für Mehrassenkreuzungen definiert. Er unterscheidet folgende epistatische 2-Locus-konfigurationen in den Kreuzungsgenerationen als Abweichungen

von den nicht schätzbaren epistatischen Effekten der Ausgangspopulationen:

- 1) homozygot X homozygote Interaktion α , wobei an Locus A und B verschiedene Rassen stehen
- 2) homozygot X heterozygote Interaktionen β_1, β_2 , wobei bei β_1 am heterozygoten Locus ein Gen einer weiteren Rasse vertreten ist und bei β_2 je ein Gen zweier weiterer Rassen (siehe Abb. 12)
- 3) heterozygot X heterozygote Epistasie $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$, wobei bei γ_1 die Gene zweier Rassen, bei γ_2 die Gene dreier Rassen und bei γ_3 die Gene von vier Rassen beteiligt sind (siehe Abb. 12).

Abb. 12: Epistatische Interaktionen in einem 2-Locusmodell unter Berücksichtigung mehrerer Rassen, definiert nach KINGHORN (1980)

Epistatische Interaktion	Genotyp nach Herkunftsrasse der Gene an 2 interagierenden Loci (A,B)				
	A	B	oder	A	B
α	$\frac{P1}{P1}$	$\frac{P3}{P3}$		$\frac{P3}{P3}$	$\frac{P4}{P4}$
β_1	$\frac{P1}{P1}$	$\frac{P1}{P2}$		$\frac{P2}{P4}$	$\frac{P4}{P4}$
β_2	$\frac{P1}{P1}$	$\frac{P2}{P3}$		$\frac{P2}{P2}$	$\frac{P1}{P4}$
γ_1	$\frac{P1}{P2}$	$\frac{P1}{P2}$		$\frac{P3}{P4}$	$\frac{P3}{P4}$
γ_2	$\frac{P1}{P2}$	$\frac{P1}{P3}$		$\frac{P4}{P3}$	$\frac{P2}{P4}$
γ_3	$\frac{P1}{P3}$	$\frac{P2}{P4}$			

Erklärung der Symbole siehe Text

KINGHORN (1980 und 1982) prägt den Begriff "epistatischer Verlust" für den Bruch günstiger epistatischer Beziehungen in den Ausgangsrassen und definiert den maximalen epistatischen Verlust (e), der dann auftritt, wenn alle epistatischen 2-Geninteraktionen in einem Individuum zwischen Genen verschiedener Rassen auftreten. In den Konfigurationen α , β_2 und γ_3 finden alle epistatischen Interaktionen zwischen Genen verschiedener Rassen statt (der Anteil am maximalen epistatischen Verlust (e) = 1). Der Anteil an e in den übrigen Konfigurationen ist von dem zugrunde gelegten genetischen Mechanismus abhängig. KINGHORN (1980) betrachtet hierzu die Interaktionen zwischen den Genen zweier Loci unter 2 verschiedenen genphysiologischen Hypothesen (X und Y).

Hypothese X:

Die Gene der Loci A und B kodieren verschiedene Teile eines zusammengesetzten Enzyms. Epistatischer Verlust tritt dann auf, wenn ein hybrides Enzym kodiert wird (e = 1, wenn alle Enzyme hybrid sind). Der Anteil an e ist somit proportional zur Wahrscheinlichkeit, daß 2 zufällig gewählte Gene verschiedener Loci von verschiedenen Rassen stammen (siehe Beispiel in Abb. 13).

Abb. 13: Erklärung der Hypothese X am Beispiel der F₁-Generation

Genotyp:			Genprodukte (2-teiliges Enzym):
Locus A	B		
P1	P1	P1	1 
	P1	P1	
P2	P2	P2	1 
	P2	P2	
F ₁	P1	P1	1/4 
	P2	P2	1/4 
			1/4 
			1/4 
		= γ ₁	} hybride Enzyme

Die Hälfte der in der Konfiguration γ_1 (Abb. 13) kodierten, zweiteiligen Enzyme sind in bezug auf die Ausgangspopulationen hybrid = der Anteil am maximalen epistatischen Verlust = $1/2$.

Hypothese Y:

Die Gene der Loci A und B kodieren unabhängig voneinander operierende Enzyme, welche in einem biochemischen Pfad wirken. Nach KINGHORN (1980) ist in diesem Fall der epistatische Verlust proportional zur Wahrscheinlichkeit, daß beide Gene eines Genorts von anderer Rasse sind als ein Gen eines zweiten Genorts. Von den 4 Genen zweier Loci trägt also jedes Gen je $1/4$ zu e bei, wenn am anderen Locus kein Gen derselben Rasse zu finden ist (Abb. 14 soll dies verdeutlichen).

Abb. 14: Der Anteil am maximalen epistatischen Verlust in den Konfigurationen β_1 , γ_1 und γ_2 unter Hypothese Y

Konfiguration	Genotyp am Locus A	Genpfad mit Enzymen aus A B	Genotyp am Locus B	Anteil am max. epistatischen Verlust (hybride Genpfade)
β_1	P1 P1		P1 P2	$1/4$
γ_1	P1 P2		P1 P2	0
γ_2	P1 P2		P1 P3	$1/2$

Wie groß der Anteil am maximalen epistatischen Verlust in den in Abb. 12 definierten Parametern unter den verschiedenen Hypothesen ist, zeigt Tabelle 18; die Frequenzen in verschiedenen Kreuzungsgruppen zeigt Tabelle 19. Der epistatische Verlust einer Kreuzungsgeneration ergibt sich dann aus der Summe der Produkte:

Frequenz der epistatischen Konfiguration $\times$ Anteil am maximalen epistatischen Verlust $\times e$.

Das mittlere Leistungsniveau einer beliebigen Kreuzungsgeneration läßt sich dann unter Berücksichtigung der genetischen Effekte der Reinzuchtpopulationen, der als reines Intralocusphänomen zu verstehenden Heterosis und der genannten epistatischen Effekte als Linearkombination darstellen (siehe Formel 9 und Tabelle 19).

Tabelle 18: Anteil am maximalen epistatischen Verlust der epistatischen Konfigurationen unter Hypothese X und Y

	Konfiguration					
	α	β_1	β_2	γ_1	γ_2	γ_3
Hypothese X	1	1/2	1	1/2	3/4	1
Y	1	1/4	1	0	1/2	1

Formel 9: Linearkombination der Kreuzungsparameter nach KINGHORN (1980 und 1982)

$$\bar{L}_{(PxPy)} = m + \sum k_{(G)} G_{(Px,y)} + k_{(H^I)} H^I + k_{(H^M)} H^M + k_{(\alpha)} ae + \\ + k_{(\beta_1)} b_1 e + k_{(\beta_2)} b_2 e + k_{(\gamma_1)} c_1 e + k_{(\gamma_2)} c_2 e + k_{(\gamma_3)} c_3 e$$

$\bar{L}_{(PxPy)}$ = mittleres Leistungsniveau einer beliebigen Kreuzungsgeneration

$G_{(Px,y)}$ = mittlerer genetischer Wert einer beteiligten Reinzuchtpopulation

$k_{(g)}$ = Koeffizient von G, er gibt den Anteil der Gene der entsprechenden Rasse an den Genen der Kreuzungsgeneration an

H^I, H^M = individuelle, maternale Heterosis

$k_{(H^I, H^M)}$ = Koeffizient der Heterosis, er gibt den Anteil der heterozygoten Loci an

e = maximaler epistatischer Verlust

$k_{(\alpha, \beta_1 \dots)}$ = Koeffizienten der im Index genannten Konfigurationen, sie geben deren Frequenzen in der Kreuzungsgruppe an

$a, b_1, b_2, c_1, c_2, c_3$ = Anteil an e in den entsprechenden Konfigurationen

Tabelle 19 zeigt die Koeffizienten der an Formel 9 beteiligten Kreuzungsparameter für verschiedene Kreuzungsgruppen sowie den Koeffizienten für den Anteil an e dieser Kreuzungsgruppe, der sich aus der Summe der Produkte $k_{(\alpha)} a, k_{(\beta_1)} b_1, \dots$ ergibt, unter Annahme der Hypothese X bzw. Y.

Tabelle 20 vergleicht die in den letzten Kapiteln beschriebenen Linearkombinationen von genetischen Parametern für einige Kreuzungsgruppenmittelwerte und für Differenzen zwischen Kreuzungsgruppenmittelwerten.

Tabelle 19: Koeffizienten der Parameter im Modell von KINGHORN (1980 und 1982) in verschiedenen Reinzucht- und Kreuzungsgenerationen

Kreuzungs- gruppe	Parameter				H^I	H^M	α	β_1	β_2	γ_1	γ_2	γ_3	e_X	e_Y
	G_{P1}	G_{P2}	G_{P3}	G_{P4}										
P1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P1 X P2	1/2	1/2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1/2	0
P3 X P4	0	0	1/2	1/2	1	0	0	0	0	1	0	0	1/2	0
F1(P1P2) X P4(σ^2)	1/4	1/4	0	1/2	1	1	0	0	0	1/2	1/2	0	5/8	1/4
F1(P1P2) X F1(P3P4)	1/4	1/4	1/4	1/4	1	1	0	0	0	1/4	1/2	1/4	3/4	1/2
F2(P1P2)	1/2	1/2	0	0	1/2	1	1/8	1/2	0	1/4	0	0	1/2	1/4
F1(P3P4) X P3(σ^2)	0	0	3/4	1/4	1/2	0	0	1/2	0	1/4	0	0	3/8	1/8
F1(P2P3) X P2(σ^2)	0	3/8	5/8	0	3/4	1/2	0	3/8	0	9/16	0	0	15/32	3/32
F1(P2P3) X P3(σ^2)														

e_X = maximaler epistatischer Verlust unter Hypothese X

e_Y = maximaler epistatischer Verlust unter Hypothese Y

übrige Symbole siehe Text

Tabelle 20: Kreuzungsgruppenmittelwerte und Differenzen zwischen Kreuzungsgruppenmittelwerten als Linearkombinationen von genetischen Parametern bei verschiedenen Autoren

Kreuzungsgruppenmittelwerte	MATHER und JINKS (1982)	HILL (1982)	KINGHORN (1980 und 1982)		DICKERSON (1969 und 1973)
			Hypothese X	Hypothese Y	
$\bar{P}_1$	$m - a + i$	$m - a - d + aa + ad + dd$	G_{P_1}	G_{P_1}	$m - \frac{1}{2}g_{P_2}$
$\bar{P}_2$	$m + a + i$	$m + a - d + aa - ad + dd$	G_{P_2}	G_{P_2}	$m + \frac{1}{2}g_{P_2}$
$\overline{P_1P_2}$	$m + i$	$m - d + aa + dd$	$\frac{1}{2}G_{P_1} + \frac{1}{2}G_{P_2}$	$\frac{1}{2}G_{P_1} + \frac{1}{2}G_{P_2}$	m
$\bar{F}_1$	$m + d + l$	$m + d - dd$	$\frac{1}{2}G_{P_1} + \frac{1}{2}G_{P_2} + \frac{1}{2}H + \frac{1}{2}e$	$\frac{1}{2}G_{P_1} + \frac{1}{2}G_{P_2} + H$	$m + h$
$\bar{F}_2$	$m + \frac{1}{2}d + \frac{1}{4}l$	m	$\frac{1}{2}G_{P_1} + \frac{1}{2}G_{P_2} + \frac{1}{2}H + \frac{1}{2}e$	$\frac{1}{2}G_{P_1} + \frac{1}{2}G_{P_2} + \frac{1}{2}H + \frac{1}{2}e$	$m + \frac{1}{2}h + \frac{1}{2}r$
$\bar{R}_1(P_1)$	$m - \frac{1}{2}a + \frac{1}{2}d + \frac{1}{4}i - \frac{1}{4}j + \frac{1}{4}l$	$m - \frac{1}{2}a + \frac{1}{2}ea$	$\frac{3}{4}G_{P_1} + \frac{1}{4}G_{P_2} + \frac{1}{4}H + \frac{3}{4}e$	$\frac{3}{4}G_{P_1} + \frac{1}{4}G_{P_2} + \frac{1}{4}H + \frac{1}{4}e$	$m - \frac{1}{4}g_{P_2} + \frac{1}{4}h + \frac{1}{4}r$
$\bar{R}_1(P_2)$	$m + \frac{1}{2}a + \frac{1}{2}d + \frac{1}{4}i + \frac{1}{4}j + \frac{1}{4}l$	$m + \frac{1}{2}a + \frac{1}{2}aa$	$\frac{1}{4}G_{P_1} + \frac{3}{4}G_{P_2} + \frac{1}{4}H + \frac{3}{4}e$	$\frac{1}{4}G_{P_1} + \frac{1}{4}G_{P_2} + \frac{1}{4}H + \frac{1}{4}e$	$m + \frac{1}{4}g_{P_2} + \frac{1}{4}h + \frac{1}{4}r$
$\bar{F}_1 - \overline{P_1P_2}$	$d - i + l$	$2d - aa$	$H + \frac{1}{2}e$	H	h
$\bar{F}_2 - \overline{P_1P_2}$	$\frac{1}{2}d - i + \frac{1}{4}l$	$d - aa - dd$	$\frac{1}{2}H + \frac{1}{2}e$	$\frac{1}{2}H + \frac{1}{4}e$	$\frac{1}{2}h + \frac{1}{2}r$
$\bar{F}_1 - \bar{F}_2$	$\frac{1}{2}d - \frac{3}{4}l$	$d - dd$	$\frac{1}{2}H$	$\frac{1}{2}H - \frac{1}{4}e$	$\frac{1}{2}h + \frac{1}{2}r$
$\bar{R}_1(P_1) - \overline{P_1P_2}$	$-\frac{1}{2}a + \frac{1}{2}d - \frac{3}{4}i - \frac{1}{4}j + \frac{1}{4}l$	$-\frac{1}{2}a + d - \frac{3}{4}ea - dd$	$\frac{1}{4}G_{P_1} - \frac{1}{4}G_{P_2} + \frac{1}{4}H + \frac{3}{4}e$	$\frac{1}{4}G_{P_1} - \frac{1}{4}G_{P_2} + \frac{1}{4}H + \frac{1}{4}e$	$-\frac{1}{4}g_{P_2} + \frac{1}{4}h + \frac{1}{4}r$
$\bar{R}_1(P_2) - \overline{P_1P_2}$	$\frac{1}{2}a + \frac{1}{2}d - \frac{3}{4}i + \frac{1}{4}j + \frac{1}{4}l$	$\frac{1}{2}a + d - \frac{3}{4}ea - dd$	$-\frac{1}{4}G_{P_1} + \frac{1}{4}G_{P_2} + \frac{1}{4}H + \frac{3}{4}e$	$-\frac{1}{4}G_{P_1} + \frac{1}{4}G_{P_2} - \frac{1}{4}H + \frac{1}{4}e$	$\frac{1}{4}g_{P_2} + \frac{1}{4}h + \frac{1}{4}r$

Erklärung der Symbole siehe Text und frühere Tabellen

Den bisher vorgestellten Modellen, die in Tabelle 20 miteinander verglichen werden, liegen folgende Annahmen und Vereinfachungen zugrunde:

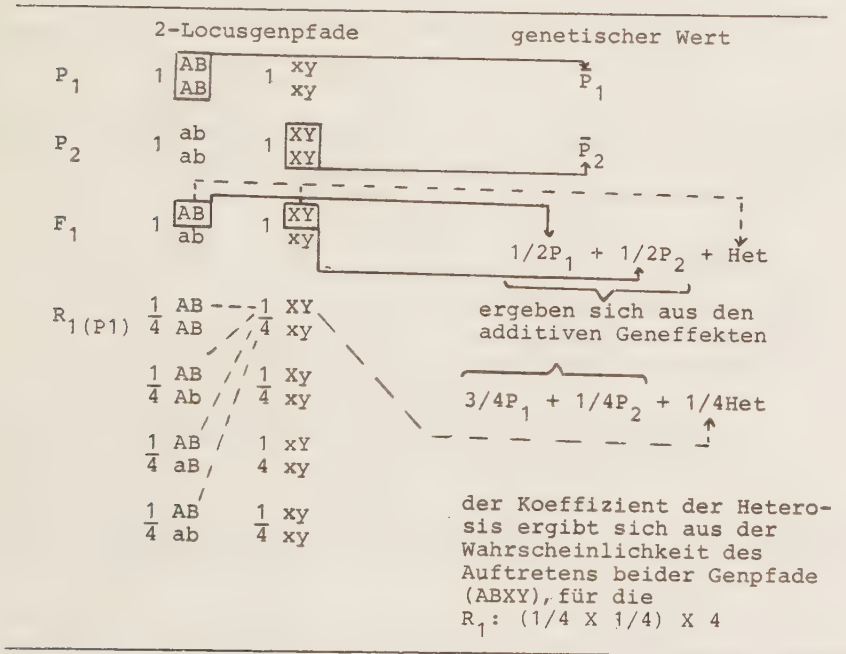
- die einzelnen Loci der Ausgangspopulationen unterliegen dem Hardy-Weinberg-Gleichgewicht,
- keine Selektion während der Kreuzungsperiode,
- freie Rekombination der Gene, d.h. keine Genkopplung,
- keine geschlechtsgebundene Vererbung,
- lineare Beziehung zwischen Heterozygotie und dominanzbedingter Heterosis,
- keine Genotyp- bzw. Heterosis-Umweltinteraktion,
- keine Epistasie höheren Grades (z.B. Epistasie zwischen 3- oder mehreren Loci oder die von KINGHORN (1982) als Skaleneffekte erläuterte Epistasie zwischen einem Gen und dem gesamten Genotyp an allen anderen Loci).

2.3.5. Das Modell der parentalen Epistasie

Den genannten Modellen, in welchen die Dominanz als Ursache für die Heterosis angenommen wird, steht das "parentale Epistasie-Modell" von SHERIDAN (1980) gegenüber. SHERIDAN (1981) ist der Meinung, daß Epistasie eine wichtige Ursache für Heterosis ist, obwohl in der Regel das Gegenteil angenommen wird. Im Modell der parentalen Epistasie geht SHERIDAN (1980) davon aus, daß verschiedene Rassen derselben Spezies verschiedene komplementäre epistatische Genpfade entwickelt und fixiert haben, die in den elterlichen Rassen homozygot sind. In der F_1 -Generation sind dann beide Genpfade vorhanden und ergeben die Heterosis in einer ähnlichen Weise wie bei der Dominanzhypothese. In der F_2 -Generation oder bei Rückkreuzung vermischen sich beide Pfade, was zu einem Abfall der Heterosis führt, der umso höher ist, je mehr Loci der komplementäre Genpfad umfaßt. In Abb. 15 wird beispielhaft der erwartete

Abfall der Heterosis von der F_1 -Generation zur R_1 -Generation im parentalen Epistasie-Modell dargestellt, wenn 2-Locuspfade zugrunde liegen.

Abb. 15: Das parentale Epistasie-Modell nach SHERIDAN (1981) am Beispiel von F_1 - und R_1 -Generation und 2-Locuspfaden (modifiziert)



SHERIDAN (1980 und 1981) berechnet so den Anteil der Restheterosis im Vergleich zur F_1 -Heterosis für verschiedene Kreuzungsgenerationen bei Epistasie an 2 und mehr Loci und vergleicht sie mit entsprechenden Werten der Dominanzhypothese und der F_1 -Epistasiehypothese (siehe Tabelle 21). Die Hypothese der F_1 -Epistasie ist in Abb. 16 dargestellt.

Abb. 16: Heterosis durch Epistasie in der F_1 -Generation an 2 Loci

Genotyp		
P_1	a b a b	
P_2	A B A B	Heterosis durch in der F_1 - Generation entstehende Epistasie
F_1	A-b bzw. $\begin{matrix} A & B \\ \diagdown & \diagup \\ a & b \end{matrix}$	1 da sowohl A-b als auch a-B
andere Genotypen	$\begin{matrix} a-B \\ A & \diagdown \\ & B \end{matrix}$ oder $\begin{matrix} a-B \\ a & \diagdown \\ & B \end{matrix}$	1/2 da nur a-B und nicht A-b

- = epistatische Wechselwirkungen, die erst in der F_1 -Generation auftreten

Tabelle 21: Koeffizienten der Heterosis in verschiedenen Kreuzungsgenerationen in der Dominanzhypothese, der Hypothese der parentalen und der F_1 -Epistasie bei 2- und Mehrlociinteraktionen nach SHERIDAN (1980 und 1981)

Kreuzungs- generation	Domi- nanz- hypo- these	Parentale Epistasie			F_1 -Epistasie		
		2 Loci	3 Loci	n Loci	2 Loci	3 Loci	n Loci
P_x	0	0	0	0	0	0	0
F_1	1	1	1	1	1	1	1
F_2	0,5	0,125	-0,156	$2(\frac{3^n-1}{4}-\frac{1}{2})$	0,5625	0,422	$0,75^n$
R_1	0,5	0,25	0,125	$0,5^n$	0,5	0,354	$\sqrt{0,5^n}$
R_2	0,25	0,0625	-	-	0,25	-	-
$F_1(P_1P_2) \times P_3$	1	0,5	0,25	-	-	-	-
$F_1(P_1P_2) \times$	1	0	-0,5	-	-	-	-
$F_1(P_3P_4)$							

2.3.6. Bewertung der Ursachen der Heterosis in der Literatur

Während SHERIDAN (1980, 1981 und 1982) Epistasie als Ursache für Heterosis in den Vordergrund stellt, stimmen PIRCHNER (1979), FALCONER (1981) und CUNNINGHAM (1982) in der Meinung überein, daß das Dominanzmodell in der Regel eine ausreichende Basis zur Erklärung von Heterosiseffekten darstellt. Epistatische Effekte können aber nach PIRCHNER (1979) bei sehr hohen Inzuchtgraden oder bei Kreuzungen sehr entfernter Populationen eine nicht unerhebliche Rolle spielen.

Bei KINGHORN (1983) kommt der additiv X additiven Interaktion unter den epistatischen Interaktionen die größte Bedeutung zu.

Der Überdominanz als reines Ein-Locusphänomen wird in der Tierzucht geringe Bedeutung zugemessen. Jedoch mißt PIRCHNER (1980) der scheinbaren Überdominanz größere Bedeutung zu.

BARLOW (1981) weist darauf hin, daß Heterosis-Umwelt-Interaktionen eher die Regel als die Ausnahme sind, wobei die Heterosis für die meisten Merkmale in suboptimaler Umwelt größer erscheint, mit Ausnahme der Wachstumsheterosis, die bei günstiger Umwelt ansteigt, und der Heterosis für Fruchtbarkeit, die keine Tendenz aufweist.

FEWSON (1980) resümiert, daß die umfangreichen Untersuchungen zur Abschätzung der relativen Bedeutung der Ursachen der Heterosis zu keinem einheitlichen Ergebnis geführt haben und sich die Meinung durchgesetzt hat, daß mehrere Mechanismen die Ausbildung von Heterosiseffekten bewirken können. In Tabelle 22 ist je ein experimentelles Ergebnis zur Unterstützung der jeweiligen Heterosishypothesen aufgeführt, und es sind Sammelreferate mit weiteren Beispielen aufgelistet.

Auf dem Gebiet der biochemischen und genphysiologischen Erklärungen für Heterosis ist das Bild noch komplexer und eine Vielzahl von Theorien und Beobachtungen stehen sich gegenüber. Es sei deshalb an dieser Stelle nur auf zusammenfassende Darstellungen von FISCHER (1977) und SEDCOLE (1981) und auf die Modelle von KACSER und BURNS (1981) und ANDERSEN und CHRISTENSEN (1981) verwiesen. Nach DZAPO und WASSMUTH (1983) trägt auch die mitochondrale genetische Information zur Erhöhung der genetischen Diversität bei.

Tabelle 22: Beispiele experimenteller Ergebnisse, welche auf Ursachen der Heterosis hinweisen und Sammelreferate hierzu

Ursache	Versuch und Ergebnis	Autor und Jahr	Sammelreferat
Dominanz	Bei 25 %, 50 %, 75 % und 100 % heterozygoten Mäuseweibchen wird eine signifikant positive Beziehung zwischen Heterozygotiegrad und Heterosis gefunden.	McGLOUGHLIN (1980)	CUNNINGHAM (1982)
Überdominanz	Die Abnahme der Korrelation zwischen Legeleistung von Reinzucht- und Kreuzungshennen während 12 Generationen kann mit Überdominanz erklärt werden.	PIRCHNER und MERGL (1977)	PIRCHNER (1970)
Epistasie	Der Abfall der Heterosis für produzierte Eimasse von der F ₁ - zur F ₂ -Generation bei Kreuzungen zwischen White Leghorns und Australorps von 21,3 % auf 1,5 % kann mit parentaler Epistasie erklärt werden.	SHERIDAN und RANDALL (1977)	SHERIDAN (1981) CLEMENT (1978)
Heterosis-Umweltinteraktion	Reinrassige Merinolandschafe und die F ₁ -Kreuzungen mit der Finnischen Landrasse waren im Gegensatz zu Tieren mit 75 % Blutanteil der Finnischen Landrasse praktisch resistent gegen die progressive Lungenentzündung (Visna-Maedi). Die Heterosis der F ₁ -Generation für Leistungsmerkmale war entsprechend sehr hoch.	NITTER (1981)	BARLOW (1981)

2.4. Statistische Methoden zur Schätzung von Kreuzungseffekten

2.4.1. Erläuterung des Zahlenbeispiels

Im folgenden Abschnitt sollen die in der Tierzucht zur Schätzung von Kreuzungseffekten gebräuchlichsten statistischen Methoden kurz dargestellt werden und, soweit an einem einfachen Beispiel möglich, der Rechengang verglichen werden. Das Beispiel geht von folgenden Gegebenheiten aus:

14 Kühe (Zeitgefährtinnen) stehen in 2 Herden: H1 mit 8 Tieren und H2 mit 6 Tieren. Die Kühe gehören der Rasse P1, P2, der F_1 -Generation oder der F_2 -Generation an. Die Populationsdifferenz $g_{(P2)}$, der Heterosiseffekt $h_{(P1P2)}$ und der Rekombinationsverlust $r_{(P1P2)}$ für die Milchleistung sollen geschätzt werden. Tabelle 23 zeigt die Verteilung der Kühe auf Herden und Rassen bzw. Kreuzungsgruppen.

Tabelle 23: Verteilung der Kühe im Beispiel über Herden, Rassen und Kreuzungsgruppen sowie deren angenommene Milchleistung.

Herde 1 (H1)			Herde 2 (H2)		
Kuh-Nr.	Rasse, Kreuzungs- gruppe	Milch- leistung (kg)	Kuh-Nr.	Rasse, Kreuzungs- gruppe	Milch- leistung (kg)
1	P1	5.000	9	P1	4.000
2	P1	6.000	10	P2	4.750
3	P2	6.500	11	P2	5.000
4	P2	7.000	12	P2	5.250
5	F_1	6.000	13	F_1	4.750
6	F_1	6.250	14	F_2	4.600
7	F_1	6.500			
8	F_2	6.150			

2.4.2. Lineare Kombinationen von Mittelwerten verschiedener Kreuzungsgruppen

Wie FEWSON (1973) zeigt, lassen sich durch lineare Kombinationen von Kreuzungsgruppenmittelwerten Schätzgleichungen formulieren, die Ausdruck der Kreuzungsparameter sind. Eindeutige Ergebnisse erhält man jedoch nur, wenn die Anzahl der Prüfungsgruppen gleich der Anzahl der zu schätzenden Parameter ist. In komplexeren Kreuzungsexperimenten kann die Ableitung der Schätzgleichungen aus den Linearkombinationen der Kreuzungsparameter erhebliche Schwierigkeiten bereiten; hier ist nach FEWSON (1976) die Matrixrechnung von Vorteil (siehe Formel 10 und Beispiel).

Formel 10: Umformung der Linearkombinationen von Kreuzungsparametern in Linearkombinationen von Kreuzungsgruppenmittelwerten mittels Matrixrechnung

$\bar{y} = Xb$; durch Auflösung nach b erhält man : $b = X^{-1}\bar{y}$

$\bar{y}$ = Vektor der (LSQ-)Kreuzungsgruppenmittelwerte

X = Matrix der Koeffizienten der Kreuzungsparameter

b = Lösungsvektor für die Kreuzungsparameter

Beispiel:

$$\bar{P}_1 = P_1$$

$$\bar{P}_2 = P_1 + g_{(P_2)}$$

$$\bar{F}_1 = P_1 + 1/2g_{(P_2)} + h_{(P_1P_2)}$$

$$\bar{F}_2 = P_1 + 1/2g_{(P_2)} + 1/2h_{(P_1P_2)} + 1/2r_{(P_1P_2)}$$

in Matrixschreibweise:

$$\begin{bmatrix} \bar{P}_1 \\ \bar{P}_2 \\ \bar{F}_1 \\ \bar{F}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1/2 & 1 & 0 \\ 1 & 1/2 & 1/2 & 1/2 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} P_1 \\ g_{(P_2)} \\ h_{(P_1P_2)} \\ r_{(P_1P_2)} \end{bmatrix}$$

durch Umformung von $\bar{y} = Xb$ in $b = X^{-1}\bar{y}$ (X muß also invertierbar sein) erhält man die Schätzgleichungen:

$$\begin{bmatrix} P1 \\ g_{(P2)} \\ h_{(P1P2)} \\ r_{(P1P2)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 \\ -0,5 & -0,5 & 1 & 0 \\ -0,5 & -0,5 & -1 & 2 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \bar{P1} \\ \bar{P2} \\ \bar{F1} \\ \bar{F2} \end{bmatrix}$$

Die letzten drei Schätzgleichungen entsprechen hier den Gleichungen der Formeln 2, 4 und 5.

2.4.2.1. Unkorrigierte Mittelwerte

In den ersten Jahren der Heterosisschätzung wurden Heterosiseffekte in der Regel aus Linearkombinationen von unkorrigierten Reinzucht- und Kreuzungsgruppenmittelwerten geschätzt (siehe Tabelle 26). Für das Zahlenbeispiel aus 2.4.1. ergibt die unkorrigierte Schätzung der Gruppenmittelwerte und der Kreuzungsparameter (Milchleistung in kg):

$$\bar{P1} = 5.000, \bar{P2} = 5.700, \bar{P1P2} = 5.350, \bar{F1} = 5.875, \bar{F2} = 5.375$$

$$\text{nach Formel 2 : } g_{(P2)} = 5.700 - 5.000 = 700$$

$$\text{nach Formel 4 : } h_{(P1P2)} = 5.875 - 5.350 = 525$$

$$\text{nach Formel 5 : } r_{(P1P2)} = 2(5.375 - 5.875 + 262,5) = -475$$

2.4.2.2. Least Square-Mittelwerte

Heute werden Reinzucht- und Kreuzungsgruppenmittelwerte meist mit Hilfe von Least Square Methoden (LSQ) auf Umwelteffekte korrigiert (siehe Formel 11 und 12).

Formel 11: Form der LSQ-Gleichungen

$$y_{ijk} = \mu + U_i + X_j + e_{ijk}$$

in Matrixschreibweise: $y = XB + e$

y_{ijk} = unkorrigierter Beobachtungswert des Einzeltieres

y = Vektor der Beobachtungswerte aller Kühe

μ = allgemeiner Mittelwert

U_i = symbolisiert verschiedene fixe Umwelteffekte und Interaktionen zwischen Effekten

X_j = fixer Effekt der j-ten Rasse oder Kreuzungsgruppe

X = Designmatrix der fixen Effekte und Interaktionen zwischen Effekten

β = Lösungsvektor mit dem Gesamtmittel und den fixen Effekten, einschließlich der Rassen- und Kreuzungsgruppenmittelwerte als Abweichung vom Gesamtmittel

e_{ijk} = Zufallsfehler des Einzeltieres

e = Vektor des Zufallsfehlers (Mittelwert = 0;
Varianz = $I\sigma_e^2$, I = Einheitsmatrix)

Die LSQ-Forderung, daß der Erwartungswert von e gegen 0 gehen soll: $E(e) = \text{Min.}$ führt zur Normalgleichung:
 $X'X\hat{\beta} = X'y$, deren Auflösung den Lösungsvektor ergibt (siehe Formel 12).

Formel 12: Lösungsgleichung für den Lösungsvektor ($\hat{\beta}$)

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'y ; \text{ die Varianz von } \hat{\beta}:$$

$$\text{Var}(\hat{\beta}) = (X'X)^{-1}\sigma_e^2 :$$

$$\sigma_e^2 = \frac{SSE}{FG} ; SSE = y'y - \hat{\beta}'X'y ; FG \text{ von } SSE = N - r ;$$

SSE = Summe der Abweichungsquadrate des Restes

FG = Freiheitsgrade

N = Gesamtzahl der Beobachtungen

r = Rang von X

Übrige Symbole siehe Formel 11.

Beispiel (siehe auch Kap. 2.4.1.):

$$y = X \cdot \hat{\beta} + e$$

μ H1H2P1P2F1F2

5.000	=	1	1	0	1	0	0	*	$\begin{bmatrix} \mu \\ H1 \\ H2 \\ P1 \\ P2 \\ F1 \\ F2 \\ 1 \\ 2 \end{bmatrix}$	+	$\begin{bmatrix} e1 \\ e2 \\ e3 \\ e4 \\ e5 \\ e6 \\ e7 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ e14 \end{bmatrix}$	H1,H2,P1,P2,F1,F2 kennzeichnen die Spalten in der Designmatrix, welche die Verteilung auf die Herden bzw. Kreuzungsgruppen definieren Symbole siehe Tabelle 23	
6.000		1	1	0	1	0	0						0
6.500		1	1	0	0	1	0						0
7.000		1	1	0	0	1	0						0
6.000		1	1	0	0	0	1						0
6.250		1	1	0	0	0	1						0
6.500		1	1	0	0	0	1						0
6.150		1	1	0	0	0	0						1
4.000		1	0	1	1	0	0						0
4.750		1	0	1	0	1	0						0
5.000		1	0	1	0	1	0						0
5.250		1	0	1	0	1	0						0
4.750	1	0	1	0	0	1	0						
4.600	1	0	1	0	0	0	1						

$$X'X \quad * \quad \hat{\beta} = X'y$$

H1	H2	P1	P2	F1	F2	Lag
14	8	6	3	5	4	2
8	8	0	2	2	3	1
6	0	6	1	3	1	1
3	2	1	3	0	0	0
5	2	3	0	5	0	0
4	3	1	0	0	4	0
2	1	1	0	0	0	2
0	1	1	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	0

$$* \quad \hat{\beta} = \begin{bmatrix} 77.750 \\ 49.400 \\ 28.350 \\ 15.000 \\ 28.500 \\ 23.500 \\ 10.750 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Lag = Lagrange-multiplikator
da XX nicht invertierbar,
da linear abhängig

$H1+H2 = \mu$
 $P1+P2+F_1+F_2 = \mu$

$$(X'X)^{-1} \quad * \quad X'y = \hat{\beta}$$

0,0834127	-0,0120635		5359,48	$\mu = 5359,48$
-0,0202381			808,571	$\frac{\mu}{H1} = 6168,05$
0,0202381			-808,571	$\frac{\mu}{H2} = 4550,91$
⋮			-629	$\frac{\mu}{P1} = 4730,48$
⋮			502,238	$\frac{\mu}{P2} = 5861,72$
⋮			111,238	$\frac{\mu}{F1} = 5470,72$
⋮			15,524	$\frac{\mu}{F2} = 5375,0$

Durch Einsetzen in die Schätzgleichungen für Kreuzungsparameter ergibt sich:

$$\begin{bmatrix} P1 \\ g(P2) \\ h(P1P2) \\ r(P1P2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 \\ -0,5 & -0,5 & 1 & 0 \\ -0,5 & -0,5 & -1 & 2 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 4730,48 \\ 5861,72 \\ 5470,72 \\ 5375,0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4730,48 \\ 1131,24 \\ 174,62 \\ -16,82 \end{bmatrix}$$

2.4.2.3. Mittelwerte aus dem Zeitgefährtninnenvergleich

Hierbei werden die Kreuzungseffekte aus den Differenzen der Kreuzungsgruppenmittelwerte von gleichaltrigen, im gleichen Zeitraum abkalbenden Stallgefährtninnen geschätzt, nachdem sie über die einzelnen Betriebe aufsummiert wurden. Bei kleinen Herden ist eine Betriebsklasseneinteilung möglich. Den unterschiedlichen Tierzahlen in den einzelnen Betrieben kann

mit Hilfe der effektiven Zahl Rechnung getragen werden (siehe Formel 13).

Formel 13: Die effektive Tierzahl im Betrieb für die Berechnung von Kreuzungsparametern

$$n_{ei} = \frac{n_{Kx} \times n_{Ky}}{n_{Kx} + n_{Ky}}$$

n_{ei} = die effektive Tierzahl des Betriebes i

n_{Kx}, n_{Ky} = Anzahl der Tiere (Zeitgefährtinnen) in der Kreuzungsgruppe Kx bzw. Ky

Dann ergeben sich nach den Formeln 2, 4 und 5 für die Kreuzungsparameter folgende Lösungsgleichungen (siehe Formeln 14 - 16).

Formeln 14 - 16: Schätzung der Kreuzungsparameter: Populationsdifferenz (14), Heterosis (15) und Rekombinationsverlust (16) im Zeitgefährtinnenvergleich

$$(14) \quad g_{(P2)} = \frac{\sum_{ei}^N (\bar{X}_{P2} - \bar{X}_{P1})}{\sum_{ei}^N}$$

$$(15) \quad h_{(P1P2)} = 1/2 \left(\frac{\sum_{ei}^O (\bar{X}_{F1} - \bar{X}_{P1})}{\sum_{ei}^O} \right) + 1/2 \left(\frac{\sum_{ei}^Q (\bar{X}_{F1} - \bar{X}_{P2})}{\sum_{ei}^Q} \right)$$

$$(16) \quad r_{(P1P2)} = 2 \left(\frac{\sum_{ei}^R (\bar{X}_{F2} - \bar{X}_{F1})}{\sum_{ei}^R} \right) + h_{(P1P2)}$$

$g_{(P2)}, h_{(P1P2)}, r_{(P1P2)}$ = Kreuzungsparameter (siehe Formel 2, 4, 5)

$\bar{X}_{P1}, \bar{X}_{P2}, \bar{X}_{F1}, \bar{X}_{F2}$ = Durchschnittsleistungen der Reinzucht und Kreuzungsgruppen in einer Herde

n_{ei} = effektive Tierzahl des Betriebes i

N, O, Q, R = Anzahl der Betriebe

GRAML und PIRCHNER (1981), die einen modifizierten Zeitgefährtinnenvergleich zur Heterosissschätzung anwenden, ziehen neben der F_1 -Generation auch eine einseitige Rückkreuzung zur Heterosissschätzung heran. Sie gewichten dabei die mittleren Differenzen der Kreuzungsgruppen mit den reziproken Werten ihrer Varianzen (siehe Formel 17).

Formel 17: Heterosissschätzung unter Einbeziehung einer einseitigen Rückkreuzungsgeneration und Vernachlässigung des Rekombinationsverlustes (nach GRAML und PIRCHNER, 1981)

$$h_{(PxPy)} = 1/2 \left(\frac{\frac{1}{\sigma_{d1}} \frac{\sum (\bar{X}_{F1} - \bar{X}_{P1})}{N} + \frac{1}{4\sigma_{d3}} \frac{2 \sum (\bar{X}_{R1} - \bar{X}_{P1})}{O}}{\frac{1}{\sigma_{d1}} + \frac{1}{4\sigma_{d3}}} + \frac{\sum (\bar{X}_{F1} - \bar{X}_{P2})}{N} \right)$$

$h_{(PxPy)}$	= Heterosiseffekt
$\bar{X}_{P1}, \bar{X}_{P2}, \bar{X}_{F1}, \bar{X}_{R1}$	= Durchschnittsleistungen der Reinzucht- bzw. Kreuzungsgruppen in einer Herde
N	= Anzahl der Herden für den beidseitigen Gefährtinnenvergleich
O	= Anzahl der Herden für den Vergleich $R_1 : P_1$
σ_{d1}	= Varianz der mittleren Differenz $\bar{X}_{F1} - \bar{X}_{P1}$
σ_{d3}	= Varianz der mittleren Differenz $\bar{X}_{R1} - \bar{X}_{P1}$

Beispiel zum Zeitgefährtinnenvergleich (Angaben siehe Kap. 2.4.1.):

H1: $\bar{X}_{P1} = 5500$; $\bar{X}_{P2} = 6750$; $\bar{X}_{F1} = 6250$; $\bar{X}_{F2} = 6150$

H2: $\bar{X}_{P2} = 4000$; $\bar{X}_{P1} = 5000$; $\bar{X}_{F1} = 4750$; $\bar{X}_{F2} = 4600$

Ohne Korrektur auf Gruppengröße ergibt sich für die Kreuzungsparameter:

$$g_{(P2)} = \frac{(6750 - 5500) + (5000 - 4000)}{2} = 1125$$

$$h_{(P1P2)} = 1/2 \frac{(6250 - 5500) + (4750 - 4000)}{2} + 1/2 \frac{-750}{2} = 187,5$$

$$r_{(P1P2)} = 2 \frac{(6150 - 6250) + (4600 - 4750)}{2} + 187,5 = -62,5$$

Mit Korrektur auf Herden- und unterschiedliche Gruppengrößen:

$$g_{(P2)} = \frac{\frac{2 \times 2}{2 + 2} \times 1250 + \frac{1 \times 3}{1 + 3} \times 1000}{\frac{2 \times 2}{2 + 2} + \frac{1 \times 3}{1 + 3}} = 1142,86$$

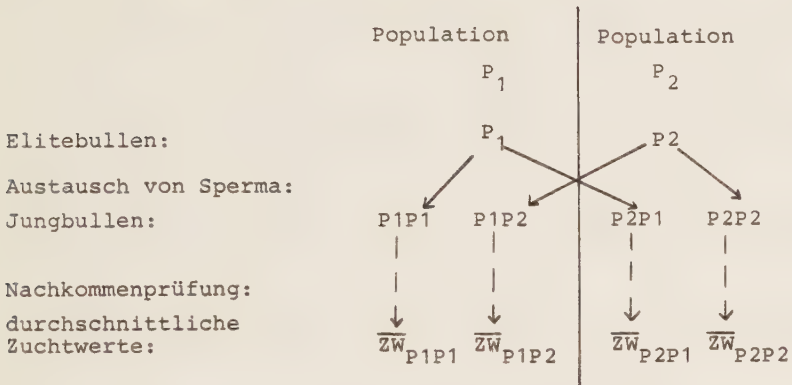
$$h_{(P1P2)} = 1/2 \frac{6/5 \times 750 + 1/2 \times 750}{6/5 + 1/2} - 201,92 = 173,08;$$

$$r_{(P1P2)} = -52,5$$

2.4.3.4. Zuchtwerte

FIMLAND (1976) bestimmt Populationsdifferenz und Heterosis aus den Zuchtwerten von geprüften Bullen in einem Kreuzungsversuch zwischen schwedischem und norwegischem Rotvieh. Werden zwischen Zuchtpopulationen Samen von Elitebullen ausgetauscht, so entstehen in der Folgegeneration in beiden Populationen sowohl reinrassige als auch halbblütige Tiere. Durch Nachkommenprüfung der reinrassigen und der gekreuzten Jungbullen in der jeweiligen Population erhält man die Zuchtwerte dieser Bullen (siehe Abb. 17).

Abb. 17: Kreuzung durch Austausch von Sperma zwischen 2 Populationen



Durch lineare Kombinationen der durchschnittlichen Zuchtwerte dieser Jungbullen kann man Kreuzungsparameter schätzen:

Formel 18.1 und 18.2: Lineare Kombinationen von Zuchtwerten

$$18.1: \quad \overline{ZW}_{P_1P_2} - \overline{ZW}_{P_1P_1} = 1/2g_{(P_2)} + h_{(P_1P_2)} = Lk1$$

$$18.2: \quad \overline{ZW}_{P_2P_1} - \overline{ZW}_{P_2P_2} = -1/2g_{(P_2)} + h_{(P_1P_2)} = Lk2$$

Formel 19 und 20: Schätzung der Populationsdifferenz (19) und der Heterosis (20) aus Linearkombinationen von Zuchtwerten

$$(19) \quad g_{(P_2)} = Lk1 - Lk2$$

$$(20) \quad h_{(P_1P_2)} = 1/2(Lk1 + Lk2)$$

2.4.3. Orthogonale Vergleiche von Mittelwerten

BATRA und TOUCHBERRY (1974) benützen orthogonale Vergleiche von LSQ-Mittelwerten, um den Einfluß der Vatterrasse bzw. der Mutterrasse auf die Leistung der Nachkommen zu bestimmen und um die Heterosis zu berechnen. Aus den LSQ-Mittelwerten von vier Kreuzungsgruppen: $\bar{P}_1$, $\bar{P}_2$, $\bar{F}_1(P_1P_2)$ mit Rasse P2 als Vatterrasse und $\bar{F}_1(P_2P_1)$ mit Rasse P1 als Vatterrasse lassen sich maximal 3 (= n - 1) orthogonale Kontraste formulieren (siehe Formel 21 - 23):

Formel 21 - 23: Orthogonale Kontraste aus den LSQ-Mittelwerten von vier Kreuzungsgruppen

$$(21) \quad K1 = +1\bar{P}_2 + 1\bar{F}_1(P_1P_2) - 1\bar{F}_1(P_2P_1) - 1\bar{P}_1$$

$$(22) \quad K2 = +1\bar{P}_2 - 1\bar{F}_1(P_1P_2) + 1\bar{F}_1(P_2P_1) - 1\bar{P}_1$$

$$(23) \quad K3 = +1\bar{P}_2 - 1\bar{F}_1(P_1P_2) - 1\bar{F}_1(P_2P_1) + 1\bar{P}_1$$

Kontrast K1 = LSQ-Mittelwerte mit Rasse P2 als Vater minus LSQ-Mittelwerte mit Rasse P1 als Vater: K1 bestimmt somit den Einfluß der Vatterrasse

Kontrast K2 = die Differenz der LSQ-Mittelwerte der Töchter von Müttern der Rasse P2 und der von Müttern der Rasse P1: K2 bestimmt somit den Einfluß der Mutterrasse

Kontrast K3 = die Differenz der LSQ-Mittelwerte zwischen Reinzucht- und Kreuzungsgruppen

Durch Division der einzelnen Kontraste durch die Summe der Konstantenquadrate (z.B. $1^2 + 1^2 + (-1)^2 + (-1)^2 = 4$) erhält man die Konstanten für den orthogonalen Vergleich:

$$L1 = K1/4; L2 = K2/4; L3 = K3/4.$$

Wobei:

2L1 = Leistungsdifferenz zwischen Töchtern von Stieren der Rasse P2 und solchen der Rasse P1

2L2 = Leistungsdifferenz zwischen Töchtern von Müttern der Rasse P2 und solchen der Rasse P1

-2L3 = die Heterosis

Im Beispiel: $K3 = 5861,72 - 2 \times 5470,72 + 4730,48 = -349,24$

Heterosis = $-2 \frac{-349,24}{4} = 174,62$

2.4.4. Multiple Regressionsrechnung unter Verwendung von Kreuzungsgruppenmittelwerten

2.4.4.1. Ordinary Least Squares

Die Kreuzungsparameter werden als partielle Regressionskoeffizienten auf ihre Koeffizienten in den verschiedenen Reinzucht- und Kreuzungsgruppen berechnet (siehe Formel 24).

Formel 24: Die Kreuzungsparameter als partielle Regressionskoeffizienten

$$\bar{y}_i = P1 + g_{(Px,Y)} k_{(g)} + h_{(PxPy)} k_{(h)} + r_{(PxPy)} k_{(r)} + e_i$$

in Matrixschreibweise: $\bar{y} = Xb + e$

bei $E_{(e)} = \text{Min: } X'X\hat{b} = X'y \text{ und } \hat{b} = (X'X)^{-1}X'y$

$\bar{y}_i, \bar{y}$ = Kreuzungs- oder Reinzuchtgruppenmittelwerte
bzw. ihr Vektor

$k_{(g)}, k_{(h)}, k_{(r)}$ = Koeffizienten der Kreuzungsparameter

X = deren Designmatrix
P1 = Bezugspopulation
 $g_{(P_x, Y)}$, $h_{(P_x P_y)}$, $r_{(P_x P_y)}$ = Kreuzungsparameter
 $\hat{b}$ = ihr Lösungsvektor, einschließlich P1
 e_i , e = Zufallsfehler bzw. dessen Vektor

Beispiel (siehe auch Kap. 2.4.1. und 2.4.2.2.):

$$\bar{y} = X * \hat{b} + e$$

$$\begin{bmatrix} \bar{y}_1 \\ \bar{y}_2 \\ \bar{y}_3 \\ \bar{y}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1/2 & 1 & 0 \\ 1 & 1/2 & 1/2 & 1/2 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} P1 \\ g(P2) \\ h(P1P2) \\ r(P1P2) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e1 \\ e2 \\ e3 \\ e4 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 4 & 2 & 1,5 & 0,5 \\ 2 & 1,5 & 0,75 & 0,25 \\ 1,5 & 0,75 & 1,25 & 0,25 \\ 0,5 & 0,25 & 0,25 & 0,25 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{b} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 21437,92 \\ 11284,58 \\ 8158,22 \\ 2687,5 \end{bmatrix}$$

$$\hat{b} = (X'X)^{-1} * X'y$$

$$\begin{bmatrix} P1 \\ g(P2) \\ h(P1P2) \\ r(P1P2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1 & -0,5 & -0,5 \\ -1 & 2 & 0 & 0 \\ -0,5 & 0 & 1,5 & -0,5 \\ -0,5 & 0 & -0,5 & 5,5 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 21437,92 \\ 11284,58 \\ 8158,22 \\ 2687,5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4730,48 \\ 1131,24 \\ 174,82 \\ -16,82 \end{bmatrix}$$

2.4.4.2. Multiple Regressionsrechnung mittels Weighted Least Squares (= WLS) und Generalized Least Squares (= GLS)

Durch Einführen einer Korrekturmatrix (=V) in die Ordinary Least Squares-Gleichung erhält man eine WLS- bzw. eine GLS-Gleichung (siehe Formel 25).

Formel 25: Lösungsgleichung für GLS und WLS

$$\hat{b} = (X'V^{-1}X)^{-1}X'V^{-1}y$$

V = Korrekturmatrix

die übrigen Symbole entsprechen denen aus Formel 24

Es kann sich bei V um eine Diagonalmatrix (WLS) oder um eine vollständige quadratische Matrix (GLS) handeln. Korrekturen können aufgrund unterschiedlicher Gruppengrößen, unterschiedlicher Varianzen oder vorhandener Kovarianzen zwischen Kreuzungsgruppenmittelwerten nötig werden. Die V-Matrix stammt dabei in der Regel aus der vorhergehenden LSQ-Analyse für die Kreuzungsgruppenmittelwerte (siehe Formel 12).

Beispiele für V:

$$V = \text{Var}(e) = \sigma^2 eI : \text{WLS}$$

V = Diagonalmatrix mit den reziproken Werten der Anzahl der Beobachtungen für jedes Mittel $\times \sigma^2 e$

V = Varianz-Kovarianzmatrix der Rassenmittel: GLS Kovarianzen treten auf, wenn Väter Nachkommen in verschiedenen Kreuzungsgruppen haben.

Beispiele der Anwendung von WLS- oder GLS-Verfahren zur Versuchsauswertung finden sich in Tabelle 24.

Tabelle 24: Beispiele von Versuchen, in denen WLS- oder GLS-Verfahren zur Anwendung kamen

Autor/Jahr	Versuchsbeschreibung	$\bar{y}$ und $\hat{b}$	V
CLEMENT (1978)	Auswertung von Milchleistungsdaten nach Einkreuzung von Brown-Swiss-Bullen in das Bayerische Braunvieh	Differenzen väterlicher Halbgeschwistergruppen mit verschiedenem Blutanteil; g, h, r	WLS: Var(e) Annahme, daß die Schätzwerte verschiedene Varianzen haben
QUINTANA u. ROBISON (1983)	Auswertung einer Zusammenfassung von Schweinekreuzungsversuchen in Nordamerika in bezug auf Fruchtbarkeits- und Wachstumsmerkmale	Mittelwert von Reinzucht- und Kreuzungsgruppen; mehrere Kreuzungsparameter nach DICKERSON (1969)	WLS: diagonale Matrix mit den reziproken Werten der Anzahl der Beobachtungen für jedes Mittel
ROTTMANN et al. (1983)	Auswertung eines Inzucht-Kreuzungsversuches Texel X Bergschaf in bezug auf Lebendgewichte in verschiedenen Altersstufen	Mittelwert von 5 genetischen Gruppen; Bezugspopulation g und h	GLS: Varianz-Kovarianzmatrix der Gruppenmittelwerte
FIMLAND (1975a) (1983)	Auswertung der Einkreuzung von Amerikanischen Friesian Bullen in das Norwegische Rotvieh	6 Differenzen aus Subpopulationsmitteln; Populationsdifferenzen, h g, h, r = siehe Kap. 2.3.1.	GLS: $E(ee) = R\sigma^2$; Diagonalelemente von R : $1/n \text{ Subp.}_i + 1/n \text{ Subp.}_j$, Nichtdiagonalelemente: 0 , außer wenn zwischen 2 Differenzen gleiche Väter eingesetzt werden, dann $1/4 \times 1/s \times h^2/1-h^2$ h^2 = Heritabilität s = Anzahl der gleichzeitig in verschiedenen Subpopulationen auftretenden Väter

2.4.5. Simultane Schätzung der Umwelteffekte und der Kreuzungsparameter mittels LSQ-Methode

In diesem häufig verwandten Modell werden die Kreuzungsparameter als partielle Regressionskoeffizienten auf die Koeffizienten der zu schätzenden Kreuzungsparameter für jede Einzelbeobachtung aufgefaßt. Die Korrektur auf Umwelteffekte und die Schätzung der Kreuzungsparameter können somit in eine Gleichung integriert werden (siehe Formel 26 und 27).

Formel 26: Umwelteffekte und Kreuzungsparameter als Linearkombination für die Einzelbeobachtung

$$y_{ij} = \mu + U_i + \hat{P}_{(x)} + g_{(Py)} k_{(g)} + h_{(PxPy)} k_{(h)} + r_{(PxPy)} k_{(r)} + e_{ij}$$

y_{ij} = unkorrigierter Wert der Einzelbeobachtung

μ = allgemeiner Bezugsmittelwert

U_i = symbolisiert die fixen Umwelteffekte und Interaktionen zwischen Effekten

$\hat{P}_{(x)}$ = Bezugspopulation

$g_{(Py)}, h_{(PxPy)}, r_{(PxPy)}$ = die zu schätzenden Kreuzungsparameter als partielle Regressionskoeffizienten

$k_{(g)}, k_{(h)}, k_{(r)}$ = die Koeffizienten der Kreuzungsparameter

e_{ij} = der Zufallsfehler

Formel 27: Formel 26 in Matrixschreibweise in der Notation von SEARLE (1971)

$$y = Xu + Zb + e$$

y = Vektor der Einzelbeobachtungen

u = Lösungsvektor der fixen Umwelteffekte

b = Lösungsvektor der Regressionskoeffizienten, d.h. der Kreuzungsparameter

- X = Designmatrix der fixen Effekte
 Z = Designmatrix der Kovariablen, d.h. der Kreuzungskoeffizienten
 e = Vektor des Zufallsfehlers mit Mittelwert = 0 und Varianz = $1\sigma_e^2$

Nach der Methode der kleinsten Quadrate erhält man folgende Normalgleichungen:

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \hat{a} \\ \hat{b} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \end{bmatrix}$$

Nach Lösung dieser Normalgleichungen erhält man:

$$\begin{bmatrix} \hat{a} \\ \hat{b} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z \end{bmatrix}^{-1} * \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \end{bmatrix}$$

Diese Methode wurde bereits von SCHULTE-CORNE (1976), CLEMENT (1978), SCHMIDLIN (1979) und BOIE (1982) zur Auswertung von Feldmaterial bei Rinderkreuzungen angewandt.

Beispiel (siehe Kap. 2.4.1.):

$$y = \begin{bmatrix} x & z \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \hat{a} \\ \hat{b} \end{bmatrix} + e$$

$$\begin{bmatrix} 5000 \\ 6000 \\ 6500 \\ 7000 \\ 6000 \\ 6250 \\ 6500 \\ 6150 \\ 4000 \\ 4750 \\ 5000 \\ 5250 \\ 4750 \\ 4600 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1/2 & 1/2 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1/2 & 1/2 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1/2 & 1/2 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1/2 & 1/2 & 1/2 & 1/2 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1/2 & 1/2 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1/2 & 1/2 & 1/2 & 1/2 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \mu \\ H1 \\ H2 \\ \bar{P}1 \\ g(P2) \\ h(P1P2) \\ r(P1P2) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e1 \\ e2 \\ e3 \\ e4 \\ e5 \\ e6 \\ e7 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ e14 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \frac{X'X}{Z'X} & - & \frac{X'Z}{Z'Z} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \hat{u} \\ \hat{b} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 14 & 8 & 6 & 6 & 8 & 5 & 1 & 0 & 0 \\ 8 & 8 & 0 & 4 & 4 & 3,5 & 0,5 & 1 & 0 \\ 6 & 0 & 6 & 2 & 4 & 1,5 & 0,5 & 1 & 0 \\ 6 & 4 & 2 & 4,5 & 1,5 & 2,5 & 0,5 & 0 & 1 \\ 8 & 4 & 4 & 1,5 & 6,5 & 2,5 & 0,5 & 0 & 1 \\ 5 & 3,5 & 1,5 & 2,5 & 2,5 & 4,5 & 0,5 & 0 & 0 \\ 1 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \hat{u} \\ \hat{b} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 77750 \\ 49400 \\ 28350 \\ 32125 \\ 45625 \\ 28875 \\ 5375 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \hat{u} \\ \hat{b} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5296,52 \\ 802,139 \\ -802,139 \\ -563,904 \\ 563,904 \\ 177,406 \\ -20,4545 \end{bmatrix}$$

μ	=	5296,52	Lag = Lagrange- multiplikator um lineare Abhängigkeiten zu beseitigen
$\frac{H1}{H2}$	=	6198,659	
$\hat{p}1$	=	4494,381	
$g(p2)$	=	4732,616	
$h(p1p2)$	=	1127,808	
$r(p1p2)$	=	177,406	
$r(p1p2)$	=	-20,4545	

Die Ergebnisse aus den Berechnungen der Kreuzungsparameter für das Beispiel nach 2.4.1. nach den verschiedenen Verfahren werden in Tabelle 25 miteinander verglichen.

2.4.6. Weitere statistische Methoden

2.4.6.1. Ridge Regression (RR)

Außer den bisher beschriebenen Schätzmethoden wurden noch weitere statistische Verfahren zur Schätzung von Kreuzungsparametern angewandt oder vorgeschlagen.

Bei niedriger Orthogonalität der Designmatrix X, d.h. bei starker Korrelation der Koeffizienten der Kreuzungsparameter sowie bei sehr unbalancierten Kreuzungsgruppen, weicht die quadrierte Länge des Lösungsvektors erheblich von der quadrierten Länge der "wahren" Parameter ab (CLEMENT, 1978).

SCHULTE-COERNE (1976) führt deshalb Ridge Regression in die Tierzucht ein, um in solchen Situationen brauchbare Punktschätzer mit kleinerem "Mean Squared Error" und geringerer quadrierter Länge zu erhalten (siehe Formel 28).

Formel 28: Ridge Regression

$$\hat{b}^+ = (X'X + K)^{-1}X'y \quad K = \begin{bmatrix} k_1 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & k_p \end{bmatrix} \quad \hat{b}^+ = (X'X + kI)^{-1}X'y$$

k vereinfachend aus $k_i = k$, $i = 1, \dots, p$; I = Einheitsmatrix

Die Diagonalelemente der X'X-Matrix werden um kleine Beträge (k) erhöht.

Die Probleme dieses Verfahrens faßt CLEMENT (1978) zusammen:

- Ridge Regression-Schätzer sind nicht erwartungstreu .
- Die Wahl des optimalen k-Wertes, z.B. durch die von SCHULTE-COERNE vorgeschlagene "Ridge Trace", ist eine unsichere und subjektive Methode.
- Bei ungünstigem k-Wert sind die summierten quadratischen Fehler größer als bei LSQ-Methoden und damit die Resultate schlechter.

2.4.6.2. Minimum Norm Quadratic Unbiased Estimation (MINQUE)

FIMLAND (1975b) schlägt MINQUE vor für Fälle, in denen Einzelbeobachtungen aus verschiedenen Datensätzen (Prüfgruppen) verschiedene unbekannte Varianzen haben (heteroscedastische Fehlervarianzen) und schätzt durch ein iteratives Verfahren gleichzeitig ungleiche Varianzen und lineare Parameter.

2.4.6.3. Maximum Likelihood (ML)

Bei der Maximierung von b zu einer Likelihood-Funktion entspricht die Schätzgleichung formal der von GLS ($\hat{b} = (X'V^{-1}X)^{-1}X'V^{-1}y$), und unter Normalverteilung erhält man auch die gleichen Ergebnisse wie bei GLS.

BRUNS (1975) vergleicht drei verschiedene Methoden zur Analyse von Kreuzungsexperimenten beim Schwein: eine indirekte, die LSQ- und die Maximum Likelihood-Methode, mit der Schlußfolgerung, daß die Unterschiede zwischen den drei Methoden gering sind, mit geringen Vorteilen für die direkten Methoden (LSQ und ML). LSQ und ML führen zu einer Rangierung von Linienkreuzungen mit ähnlicher Genauigkeit.

Tabelle 25: Vergleich der Ergebnisse aus den Berechnungen des Herdeneffektes und der Kreuzungsparameter im Beispiel nach 2.4.1. nach verschiedenen statistischen Methoden (kg Milch)

Parameter	unkorrigierte Daten	Zeitgefährtninnen- vergleich ohne mit Korrektur		multiple Regressionsrechnung		Simultane Schätzung von Umwelt- effekten u. Kreuzungs- parametern
				LSQ-Gruppen- mittelwerte Linear- kombi- natio- nen	Ordinary LSQ	
μ	5553,7			5359,5	5359,5	5296,5
$\overline{H1}$	6175			6168,1	6168,1	6198,7
$\overline{H2}$	4725			4550,9	4550,9	4494,4
$\hat{p}_1$	5000			4730,5	4730,5	4732,6
$g(P2)$	700	1125,0	1142,9	1131,2	1131,2	1127,8
$h(P1P2)$	525	187,5	137,5	174,8	174,8	177,4
$r(P1P2)$	-475	-62,5	-63,0	-16,8	-16,8	-20,5

2.5. Ergebnisse aus Rinderkreuzungsversuchen

2.5.1 Ergebnisse der Schätzungen von Kreuzungsparameter

2.5.1.1. Heterosiseffekte

Mehrere Autoren haben im Laufe der letzten 40 Jahre Zusammenfassungen erstellt, die Heterosisschätzungen aus Kreuzungsversuchen von verschiedenen Rinderrassen miteinander verglichen. Die meisten Autoren (LEGATES, 1966; MASON, 1966; WARWICK, 1968; PEARSON und McDOWELL, 1968; CUNDIFF, 1970; CLEMENT, 1978; TURTON, 1980 und BOIE, 1982) geben dabei die Heterosis nicht in absoluten Werten an, sondern in %-Heterosis (siehe Formel 29).

Formel 29: Umrechnung absoluter Heterosis in %-Heterosis

$$\% \text{-Heterosis} = \frac{\text{absolute Heterosis} \times 100}{\overline{PxPy}}$$

$\overline{PxPy}$ = Mittelwert der Elternrassen, gewichtet mit dem Anteil der Gene, den sie zur Kreuzungsgeneration beitragen

Manche Autoren beschäftigen sich vor allem mit Kreuzungen von Mastrinderrassen und Mastleistungsmerkmalen (MASON, 1966; WARWICK, 1968; CUNDIFF, 1970 und LONG, 1980).

In den Tabellen 26- 29 werden Ergebnisse der in verschiedenen Versuchen und Auswertungen ermittelten Heterosiseffekte für Milchleistungs- und Fruchtbarkeitsmerkmale in absoluten Werten dargestellt, die sich auf Kreuzungen zwischen Bos-taurus-Rassen beschränken. Nach einer kurzen Versuchsbeschreibung in Tabelle 26 werden in den Tabellen 27 - 29 die Heterosisspanne (niedrigster und höchster Wert) und der Versuchsdurchschnitt aufgelistet. Die Abbildungen 18 - 24 zeigen

für jedes Merkmal den Wertebereich der Heterosis, der von den meisten Versuchen und Auswertungen erreicht wird und stellen so dar, in welchen Größenordnungen Heterosiseffekte für ein Merkmal zu erwarten sind. Die Publikationen in Tabelle 26 sind in chronologischer Reihenfolge angeordnet. Dabei zeigt sich, daß in den letzten 30 Jahren zunehmend komplexere statistische Methoden herangezogen werden und sich der Schwerpunkt von Stationsversuchen auf Auswertungen von Feldmaterial verlagert.

Bei den Ergebnissen fällt auf, daß in Auswertungen von Feldmaterial, bei dem eine Elterngeneration fehlt, oft sehr extreme Werte für die Heterosis geschätzt werden.

In Tabelle 30 ist die Durchschnittsheterosis für die Merkmale Milchleistung, Fettgehalt, Eiweißgehalt, Fettmenge, Eiweißmenge, Erstkalbealter und Güstzeit/Zwischenkalbezeit für alle Stationsversuche aufgelistet. Sie wurde errechnet, indem der Stationsdurchschnitt mit der effektiven Tierzahl des Versuches (siehe 2.4.2.) gewichtet und dann der Gesamtdurchschnitt gebildet wurde.

Tabelle 26: Zusammenstellung von Rinderkreuzungsversuchen (SV) und Feldmaterialauswertungen (FM), die Heterosiseffekte für Milchleistungs- und Fruchtbarkeitsmerkmale schätzen

Nr.	Autor und Jahr	Rassen	Tierzahl KR RZ	Merkmal	Kreuzungs- gruppen	EK RK SV	FM SV	Methode
1	CASTLE (1919) YAPP (1923)	HF, GU	25 33 25 16 14 21	Mkg F% E%	F ₁	RK SV	SV	UKM
2	WRIEDT (1930)	RD, J	71 291 108 174	Mkg F%	F ₁	EK SV	SV	UKM
3	SCHMIDT (1948)	SB, J	12 31 12 35	Mkg, F%, E%, Fkg, Ekg	F ₁	EK SV	SV	UKM
4	ROBERTSON (1949)	J, A, HF,	21 17	Mkg, F%	F ₁	RK SV	SV	UKM
5	VERLEY und TOUCHBERRY (1961)	HF, GU	44 42	EKA, ZKZ 1. Lakt. ZKZ 2. Lakt. ZKZ 3. Lakt. ZKZ 4. Lakt.	F ₁	RK SV	SV	OLS
5'								
5''								
5'''								
6	BERESKIN und TOUCHBERRY (1966)	HF, GU	42 50	Mkg, F%, Fkg	F ₁	EK SV	SV	OLS
7	BRANDT et al. (1966)	HF, GU, BS	66 753 40 753	Mkg, F%, Fkg	F ₁	EK SV	SV	gewichtete Abweichung
9	McDOWELL und McDANIEL (1968a)	AY, BS, HF	88 89	Mkg, F%, E%, Fkg, F ₁ Ekg, EKA, GZ	F ₁	RK SV	SV	OLS
10	und (1968b)		49 89		3-Rk			

Fortsetzung Tabelle 26:

Nr.	Autor und Jahr	Rassen	Tierzahl KR RZ	Merkmal	Kreuzungs- gruppen	EK RK	FM SV	Methode
11 11' 11"	McDOWELL et al. (1970)	AY,BS,HF	111	GZ 1.-3. Lakt. GZ 1. Lakt. GZ 2.+3. Lakt.	F ₁	EK	SV	OLS
12 12'	WITT et al. (1972) und (1973)	SB, J	75	Mkg, F ₈ , Fkg, Mkg	F ₁	EK RK	SV	GM
13 14	BRANDT et al. (1974)	HF,BS	26 21	Mkg, F ₈ , E ₈ , Fkg, F ₁ Ekg, EKA, GZ	F ₁	EK	SV	OLS
15	CUNDIFF et al. (1974a)	A,H,SH	687	GZ	F ₁	RK	SV	OLS
16	CUNDIFF et al. (1974b)	A,H,SH	149	F ₈ 6 Wo. in Lakt.	F ₁	RK	SV	OLS
17 18	McDOWELL et al. (1974)	AY,BS,HF, J	365 311	GZ, ZKZ	F ₁ 3 ¹ Rk.	RK	SV	GM
19 19' 20 20'	FEWSON et al. (1975) SCHULTE-COERNE (1976)	BS, BV	3441 (BV)	Mkg, F ₈ , Fkg, 1. Lakt.	F ₁ , F ₂ , R ₁	-	FM	RR LSS RR LSS

Fortsetzung Tabelle 26:

Nr.	Autor und Jahr	Rassen	Tierzahl KR RZ	Merkmal	Kreuzungs- gruppen	EK RK	FM SV	Methode
21	DONALD et al. (1977)	SB,AY,J	202	Mkg,F%, 1. Lakt.	F ₁	EK	SV	OLS
22			205	± 2. Lakt., ZKZ				
23			153	Mkg,F%, 1. Lakt., 3-Rk		RK		
24			150	± 2. Lakt., ZKZ				
25	CLEMENT (1978)	BS,BV	2125	Mkg,F%,Fkg, 1. Lakt.	12,5 - 75 % BS	-	FM	LSS
25 ^a			2045	Mkg,F%,Fkg, 1. Lakt., EKA				WLS
25 ^b			921	Mkg,F%,Fkg, 2. Lakt., ZKZ				
25 ^c			2205	Mkg,F%,Fkg 1. Lakt.				
26	HOCKING und BOWMAN (1979)	DSH,RH	1300 716	Mkg,F%,Fkg E%,Ekg	F ₁ ,R ₁	RK	FM	OLS
27	SCHMIDLIN (1979)	FV,RH	4790 20760 (FV)	Mkg,F%,Fkg, EKA	25 %- 75 % RH	-	FM	LSS
28	OLDENBROEK (1980)	SB,HF	198 (SB)	Mkg,F%,E%, Fkg,Ekg	F ₁ ,R ₁	RK	SV	OLS
29	GRAML und PIRCHNER (1981)	FV,PI	60 ?	Mkg,F%,Fkg, EKA,ZKZ	F ₁ ,R ₁ F ₁	-	FM	CC
29 ^a			<60 ?					

Nr.	Autor und Jahr	Rassen	Tierzahl KR RZ	Merkmal	Kreuzungs- gruppen	EK RK	FM SV	Methode
30	ROBISON et al. (1981)	AY,BS,HF	226 125	Mkg,F%,Fkg	F ₁ ,R ₁ 3-Rk	RK - SV		LSS
31	BOIE (1982), BOIE und GRAVERT (1983)	SB,HF	26433 18996 (SB)	Mkg,F%,E%, Fkg,Ekg, 1. Lakt.,EKA ≅ 2. Lakt.	12,5 - 75 % HF	-	FM	LSS
32			14534 16484 (SB) 6719 7902 (SB)	ZK2				
33	RINCON et al. (1982)	HF,BS,AY	95 125	Mkg,F%,E%, Fkg,Ekg,GZ, EKA	F ₁	EK SV		OLS
34			94 125		3-Rk			
35	RUUNA et al. (1983)	HF,BS,J	410 697	Mkg,Fkg,GZ, EKA	F ₁ ,R ₁ , 3-Rk	RK SV		LSS
36	GRAML und PIRCHNER (1984)	FV,PI,SB,	140 ?	Mkg,F%,Fkg	F ₁ ,R ₁	RK FM		WLS

Nr. = Kennnummer des Versuchs bzw. der Auswertung für die Tabellen 27 - 29

KR = Kreuzung

RZ = Reinzucht

RK = reziproke Kreuzungen zusammen

EK = reziproke Kreuzungen in Einzelkreuzungen getrennt

Fortsetzung Tabelle 26:

UKM	=	Linearkombinationen aus unkorrigierten Kreuzungsgruppenmittelwerten (KRM)
LSM	=	Linearkombinationen aus LSQ-Kreuzungsgruppenmittelwerten
GM	=	Linearkombinationen aus in anderer Weise gewichteten KRM
CC	=	Contemporary Comparison
WLS	=	Weighted Least Squared aus LSQ-KRM
LSS	=	Simultane Schätzung von Umwelteffekten und Heterosis
RR	=	Ridge Regression
3-Rk	=	Dreirassenkreuzung
25 - 75 % RH	=	Genanteil von Red Holstein in den Kreuzungsgruppen
	=	(falls keine Laktationsangabe = 1. Laktation)

Tabelle 27: Heterosiseffekte für Milchleistung (kg), Fettgehalt (%) und Fettmenge (kg) bei Rinderkreuzungen

Nr.	Milch (kg) (auf 5, kg gerundet) Heterosispanne von bis	Fettgehalt (%) (auf 0,005 % gerundet) Heterosispanne von bis	Fettmenge (kg) (auf 0,25 kg gerundet) Heterosispanne von bis
1	-	175	-
2	-	75	-
3	-	355	-
3'	-	225	-
4	-50	-40	-
6	-115	235	4,00
7	-60	405	-3,00
8	-55	65	5,25
9	-25	385	0,50
10	275	704	19,50
12	5	175	1,00
12'	-	135	-
13	-100	390	3,75
14	120	385	3,00
16	-	-	-
19	140	175	6,00
19'	-	-	-
20	145	190	8,00

Nr.	Milch (kg)		Fettgehalt (%)		Fettmenge (kg)	
	von	bis	Heterosispanne von	bis	Heterosispanne von	bis
20'	-	-	-	-	-	-
21	55	520	-0,130	0,150	-	-
22	-154	465	-0,150	0,140	-	-
23	-95	300	0,000	0,075	-	-
24	-165	160	-0,090	0,080	-	-
25	230	325	0,030	0,070	12,50	13,25
25'	35	75	-0,020	0,010	0,50	3,75
25''	375	546	-0,110	-0,060	9,50	11,75
25'''	-	-	-	-	-	-
26	170	240	-0,030	0,050	8,75	10,50
27	-	-	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	-
29	-	-	-	-	-	-
29'	-	-	-	-	-	-
30	145	340	-0,010	0,070	6,00	16,25
31	-123	220	-0,130	0,060	-8,75	5,75
32	-906	140	-0,110	0,130	-42,50	12,50
33	-60	743	-0,100	0,400	0,00	26,00
34	-258	570	-0,115	0,380	1,25	20,25

Tabelle 28: Heterosiseffekte für Eiweißgehalt (%) und Eiweißmenge (kg) bei Rinderkreuzungen

Nr.	Eiweißgehalt (%) (auf 0,005 % gerundet)			Eiweißmenge (kg) (auf 0,05 kg gerundet)		
	von	bis	$\bar{x}$	von	bis	$\bar{x}$
1	-	-	-0,080	-	-	-
3	-	-	-0,115	-	-	10,75
3'	-	-	-0,145	-	-	10,75
9	-0,090	-0,015	-	-2,00	15,50	7,25
10	-0,080	0,010	-0,040	10,00	21,75	15,25
13	-0,070	0,030	-0,020	-1,75	12,50	5,25
14	-0,030	0,020	-0,005	4,50	13,00	8,75
26	-0,050	-0,010	-0,030	7,50	10,50	9,25
28	-	-	0,050	-	-	-2,75
31	0,010	0,120	0,060	-1,50	11,00	5,50
32	0,050	0,180	0,110	-22,50	10,25	-1,00
33	-0,130	0,095	-0,040	-6,50	17,50	6,75
34	-0,130	0,040	-0,025	-7,50	26,75	8,75

Tabelle 29: Heterosiseffekte für Erstkalbealter (Monate), Günstzeit (Tage) und Zwischenkalbezeit (Tage) bei Rinderkreuzungen

Nr.	Erstkalbealter (Monate)			Nr.	Güztzeit (Tage)			Zwischenkalbezeit (Tage)			
	von	bis	$\bar{x}$		von	bis	$\bar{x}$	Nr.	von	bis	$\bar{x}$
5	-	-	-0,15	9	-21,0	-6,5	-9,5	5	-	-	4,5
9	0,10	0,70	0,50	10	-35,0	-9,0	-19,5	5'	-	-	7,5
10	-0,10	0,80	0,45	11	-18,0	11,0	-5,0	5"	-	-	-0,5
13	-	-	-0,85	11'	-33,0	12,0	-5,0	5'''	-	-	-2,5
14	-0,85	0,25	-0,30	11"	-16,5	13,0	-5,0	17	-	-	-4,0
25'	0,50	0,70	-	13	-39,5	-18,5	-29,0	18	-	-	-1,0
27	-	-	-3,30	14	-30,0	-24,5	-27,0	20'	-6,0	-4,0	-
29	-	-	-1,15	15	-1,5	4,5	1,0	22	-18,5	-5,0	-9,5
29'	-	-	-1,30	17	-	-	-4,0	24	-16,5	-7,5	+12,5
31	-1,50	0,20	-0,40	18	-	-	-1,0	25"	-	-	3,0
33	-0,30	1,70	0,30	33	-34,5	1,5	-17,0	29	-	-	-15,5
34	-0,65	2,55	0,25	34	-30,5	-4,0	-16,0	29'	-	-	-16,0
35	-0,85	-0,50	-0,70	35	-18,0	-5,0	-9,5	32	-12,0	11,5	0,0
36	-1,30	-0,20	-0,75								

Nr.: Autor und Versuchsbeschreibung siehe entsprechende Nr. in Tabelle 26

Abb. 18 - 24: Bestimmung der Heterosisbereiche, die von den meisten Versuchen bzw. Auswertungen erreicht werden für die folgenden Merkmale:

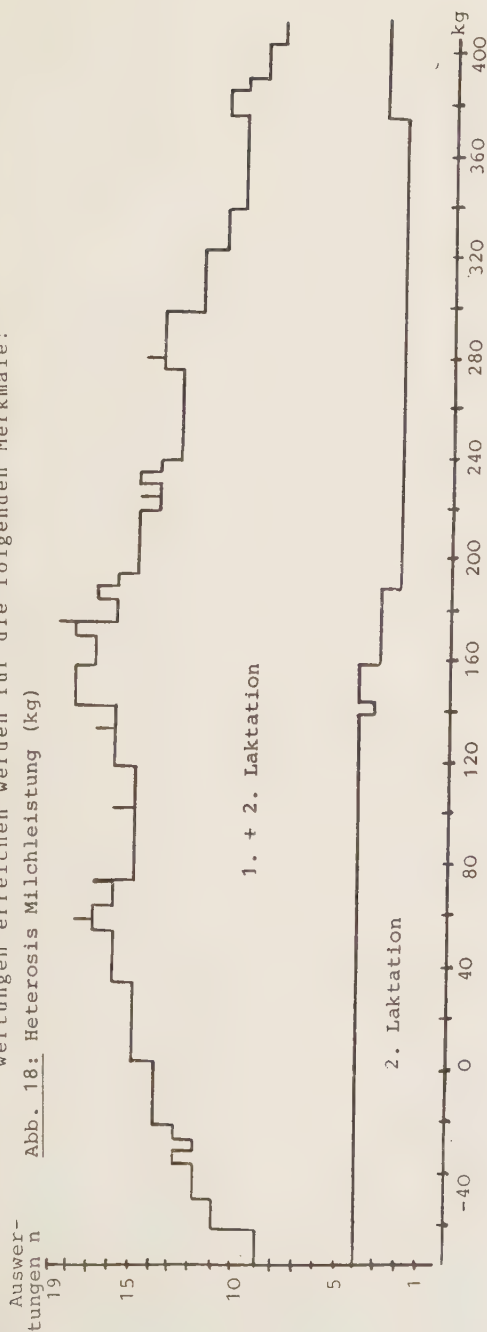


Abb. 19: Heterosis Eiweißmenge (kg)

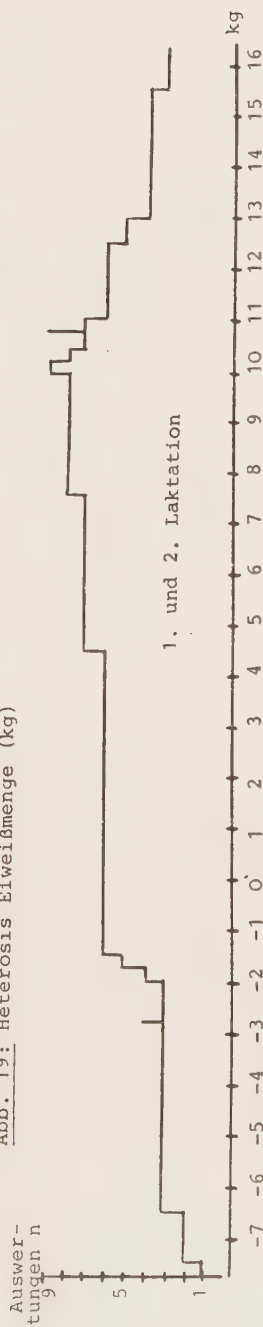


Abb. 20: Heterosis Fettmenge (kg)



Abb. 21: Heterosis Fettgehalt (%)

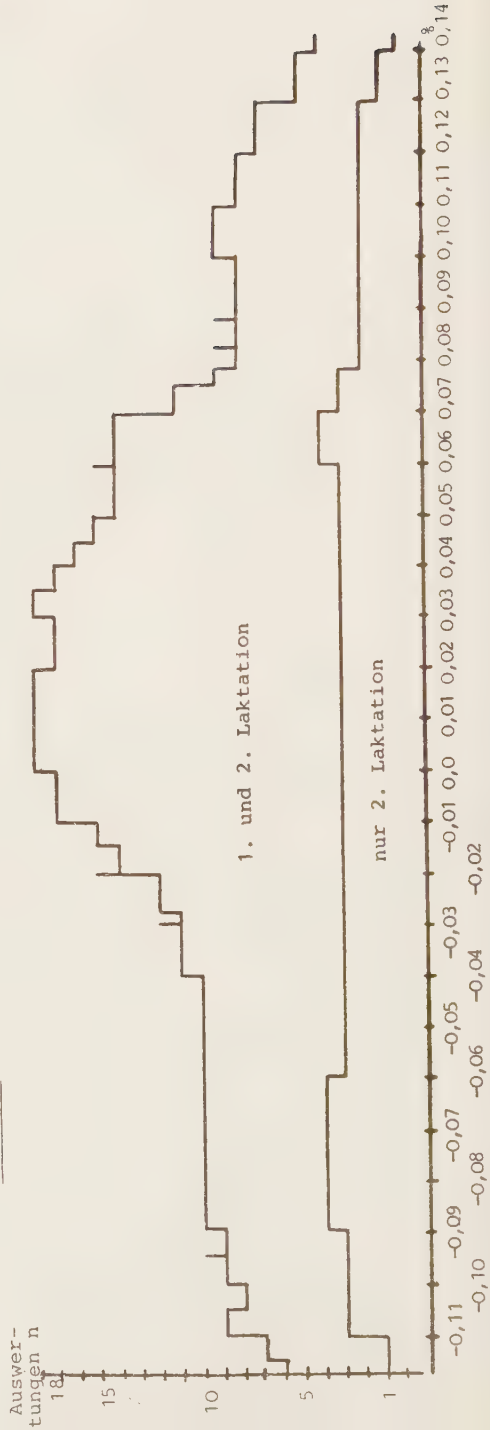


Abb. 22: Heterosis Eiweißgehalt (%)

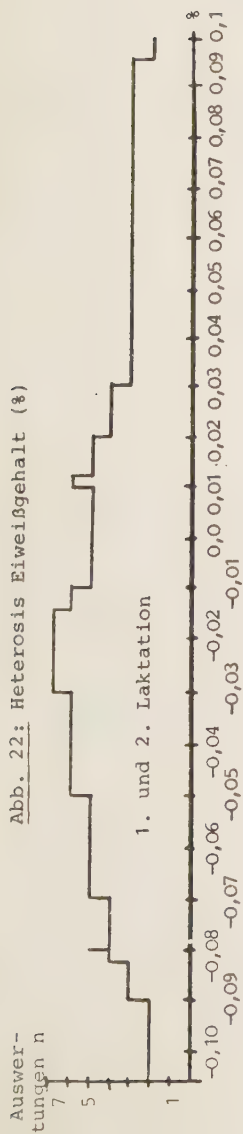


Abb. 23: Heterosis Erstkalbealter (Monate)

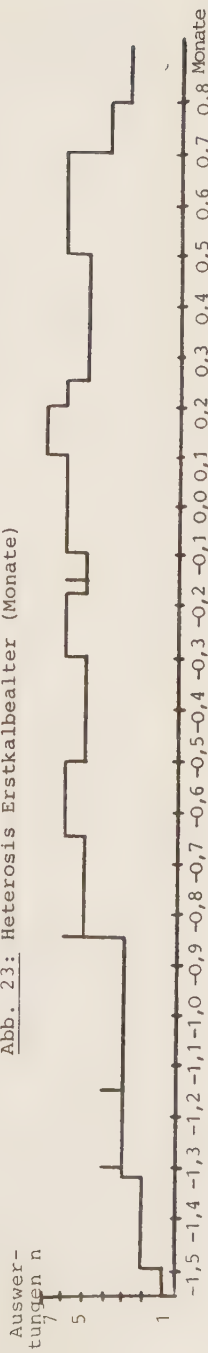


Abb. 24: Heterosis Güstzeit + Zwischenkalbezeit (Tage)



Tabelle 30: Durchschnittsheterosis aus den Stationsversuchen in Tabelle 26 für Milchleistungsmerkmale, Erstkalbealter und Günstzeit/Zwischenkalbezeit (Methode: siehe Text)

Merkmal	Durchschnittsheterosis
Milchleistung (kg)	173
Fettgehalt (%)	0,002
Eiweißgehalt (%)	-0,043
Fettmenge (kg)	11,91
Eiweißmenge (kg)	8,77
Erstkalbealter (Monate)	-0,3
Günstzeit/Zwischenkalbezeit (Tage)	-5,6
Trächtigkeitsdauer (Tage)	0

2.5.1.2. Epistatische Effekte

Epistatische Komponenten wurden in Rinderkreuzungsversuchen bisher fast ausschließlich als Rekombinationsverlust geschätzt. Den Rekombinationsverlust für Milchleistungsmerkmale beim Rind schätzen in Auswertungen von Feldversuchen SCHULTE-COERNE (1976), CLEMENT (1978), SCHMIDLIN (1979) und BOIE (1982). Ergebnisse dieser Schätzungen finden sich in Tabelle 31. SCHULTE-COERNE (1976) und CLEMENT (1978) weisen beide darauf hin, daß ihre sehr hohen negativen Werte weit von biologisch sinnvollen Werten abweichen. KOCH et al. (1985) schätzen additiv X additive Effekte anhand von Kreuzungen zwischen Hereford- und Angusrindern vor allem für Mastleistungsmerkmale. Sie finden, mit einer Ausnahme, für kein Merkmal statistisch signifikante additiv X additive Effekte. Sie weisen darauf hin, daß die Abweichung additiv X additiver Effekte von der F_1 -Heterosis in vielen Kreuzungsgenerationen sehr gering ist und somit eine große Anzahl

von Kreuzungsgruppen und hohe Tierzahlen nötig sind, um statistisch signifikante Ergebnisse zu erhalten. KOCH et al. (1985) kommen zu dem Schluß, daß, um Aussagen über die Ab- oder Anwesenheit von Epistasie treffen zu können, weitere Versuche nötig sind.

Tabelle 31: Schätzungen des Rekombinationsverlustes

Merkmal	Autor und Jahr					
	SCHULTE-COERNE (1976)	CLEMENT (1978)	SCHMIDLIN (1979)	BOIE (1982)		
	von	bis	von	bis		
<u>1. Laktation</u>						
Milch-kg	-668	-248	-559	-299	-383	-214
Fett-kg	-41	-17	-39	-18,6	-7,8	-1,2
Eiweiß-kg	-	-	-	-	-	-8,4
Fett-%	-0,35	-0,16	-0,47	0,4	0,23	0,15
Eiweiß-%	-	-	-	-	-	-0,03
<u>2. Laktation</u>						
Milch-kg	-701	-320	-2704	-2434	-	-45
Fett-kg	-46	-23	-32,8	-17,4	-	-5,4
Fett-%	0,37	-0,20	0,60	0,61	-	-0,02
Erstkalbealter (Mon.)	-	-	-2,4	-	-	-
Zwischenkalbe- zeit (Tage)	-35	-24	-4	-	-	-

2.5.2. Kreuzungsversuche mit Gelbvieh und Fleckvieh

Im Gegensatz zu den Populationen der Deutschen Schwarzbunten und des Deutschen Braunviehs, bei welchen Einkreuzungen von Holstein Friesian bzw. Brown Swiss im großen Maßstab durchgeführt werden, hält sich der Genanteil von gezielt in das Fleckvieh oder das Gelbvieh eingekreuzten Rassen in sehr engen Grenzen.

In das Deutsche Gelbvieh wurde 1963 Rotes Dänisches Milchvieh zur Verbesserung von Milchleistung, Melkbarkeit und Euterqualität eingekreuzt. Es wurde Samen von 4 geprüften Spitzenbullen eingesetzt, von denen aber nur 157 Kälber anfielen. Trotz verbesserter Milchleistung konnte sich nach SCHÖLLER (1979) der Züchter nur schwer an den Typ der Kreuzungstiere gewöhnen, so daß ein für 1968 geplanter weiterer Versuch nicht mehr realisiert wurde.

Im November 1979 begann der Rinderzuchtverband Würzburg einen neuen Einkreuzungsversuch. Es wurden 250 Samenportionen von 4 Bullen der Roten Rasse Westflanderns in der gezielten Paarung eingesetzt. Es wurde vor allem eine Erweiterung der Blutlinienführung angestrebt, und eine Wiederholung des Versuchs ist nur für den Fall einer positiven Beeinflussung der Milchleistung vorgesehen (RINDERZUCHTVERBAND, Würzburg, 1982).

Ergebnisse eines Kreuzungsversuchs von Red Holstein Friesian mit Deutschem Fleckvieh, in welchem Samen von 3 nach Bayern importierten Red Holstein-Bullen im Fleckviehzuchtgebiet eingesetzt wurden, geben AVERDUNK et al. (1974) und KÖGEL et al. (1975) wieder. KRÄUSSLICH (1975) berechnet die ökonomische Überlegenheit der F_1 -Tiere über Fleckviehkühe mit etwa 100 DM pro Laktation.

Seit 1972 finden in den Vereinigten Staaten groß angelegte Kreuzungsversuche statt. In diesen Versuchen werden verschiede-

ne Rassen durch Anpaarung an Angus-, Hereford- oder Kreuzungskühe in Hinsicht auf ihren Einfluß auf für die Fleischproduktion wichtige Merkmale verglichen. Leider werden in kaum einem Versuch Gelbvieh und Fleckvieh gleichzeitig als Vätertiere eingesetzt. Um beide Rassen trotzdem miteinander vergleichen zu können, werden nach der von LASTER (1979) angewandten Methode jeweils zwei parallel gelagerte Versuche (CycleI und CycleII) miteinander kombiniert. Dabei werden die Abweichungen von den Hereford X Anguskreuzungen, welche in beiden Versuchen vertreten sind, zu dem Durchschnitt dieser Kreuzung aus beiden Versuchen addiert. Die Rangierung der verschiedenen Rassen für verschiedene Merkmale ist in Tabelle 32 dargestellt.

Tabelle 32: Vergleich verschiedener Rassen in bezug auf ihren Einfluß als Vaterasse auf die Überlebensfähigkeit, die Mastleistung und die Fruchtbarkeit ihrer Kreuzungsnachkommen

Merkmal: Einheit:	Geburtsgewicht		Geburtsgewicht		Abkalbeschwierigkeiten	
	kg	A und HE	kg	A und HE	%	
Mutterrasse:					A und HE	
Geschlecht:	♂ + ♀		♀		♂ + ♀	
Tierzahl:	3.959		1.630		3.959	
Autor und Jahr:	SMITH et al. (1976a) GREGORY et al. (1978)		LASTER et al. (1976) und (1979)		SMITH et al. (1976a) GREGORY et al. (1978)	
Vergleich, nach Vater- rassen	Geburtsgewicht		Geburtsgewicht		Abkalbeschwierigkeiten	
	Rasse	korr. LSQ-M.	Signifikanz zu FV, zu GV	Rasse	korr. LSQ-M.	Signifikanz d. Diff. zu FV, zu GV
	MA	40,63	-	MA	38,8	J 1 sig -
	C	40,14	ns	C	38,7	HE/A 7 sig ns
	CHI	40,07	-	CHI	38,6	RP 8 - ns
	FV	39,54	FV	FV	38,2	GV 12 - GV
	GV	38,54	-	GV/BS	36,9	BS 12,4 - ns
	BS	38,24	-	SD	36,7	CHI 16 - ns
	L	37,74	sig	L	36,3	L 20 ns -
	SD	37,34	sig	HE/A	34,0	SD 23 ns -
	HE/A	35,24	sig	RP	33,8	MA 24,5 - ++
	RP	35,22	-	J	29,7	FV - -25 - FV -
	J	30,94	sig		30	C 30 ns -

Merkmal: Einheit: Mutterrasse: Geschlecht: Tierzahl: Autor und Jahr	Abkalbeschwierigkeiten % A ♂ + ♀ ca. 1,948 MELUCCI et al. (1978) zit. nach LONG (1980)	Überlebensrate bei der Geburt % A ♂ + ♀ 1,948 MELUCCI et al. (1978) zit.nach LONG (1980)
	Rasse LSQ-Mittelwert	Rasse LSQ-Mittelwert
Legende FV = <u>Fleckvieh</u> GV = <u>Gelbvieh</u> Abk. der übrigen Rassen siehe vorne	HF 0,93 BDA 0,98 MAR 1,10 SB 1,12 FV -- -- 1,98 PIA 2,34 RB 2,38 L 2,88 SAG 3,26 ROM 3,47 SH 3,85 CHI 3,87 C 5,05 GV 5,30 BRA 6,26 BS 9,8	HF 99,07 BDA 99,02 MAR 97,79 RB 97,59 CHI 96,70 PIA 96,70 HE 96,55 SH 96,15 SAG 95,54 GV 95,49 FV -- -- 94,66 C 94,45 BRA 93,54 ROM 93,50 L 93,13 SB 92,07 BS 89,99 NOR 89,48
korr. LSQ-M = korrigierte LSQ- Mittelwerte nach LASTER (1979) siehe Text Signif. d. Diff. = Signifikanz der Differenz zum LSQ-Mittelwert von GV bzw. FV		

Fortsetzung Tabelle 32:

Merkmal:	Frühsterblichkeit	tägl. Zunahme vor dem Absetzen	205 Tagesgewicht
Einheit:	%	kg/Tag	kg-Abweichung von μ
Mutterrasse:	A und HE	A und HE	HE, A, C, RA, SH, PH, HXA, CXH, FVXH
Geschlecht	$\sigma^7 + \varphi$	$\sigma^7 + \varphi$	$\sigma^7 + \varphi$
Tierzahl:	3.959	ca. 3862	47.652
Autor u. Jahr	SMITH et al. (1976a) GREGORY et al. (1978)	SMITH et al. (1976a) GREGORY et al. (1978)	MacNEIL et al. (1982)
	Rasse	korr. LSQ-M.	Signif. d. Diff. zu FV zu GV
	RP	0,3	- ns
	BS	1,0	- ns
	HE/A	2,0	sig ns
	J	2,6	ns -
	CHI	3,8	- ns
	GV	3,9	- GV
	L	5,1	ns -
	SD	6,1	ns -
	MA	6,6	- ns
	FV	6,8	FV -
	C	9,6	ns -
	Rasse	korr. LSQ-M.	Signif. d. Diff. zu FV zu GV
	GV	0,84	ns
	CHI/C	0,82	ns
	MA/BS/	0,81	FV +
	FV	- - -	sig ++
	L/A/HE	0,78	sig ++
	RP/SD	0,77	sig ++
	J	0,75	sig
	MA	+29,7	++
	FV	+14,6	FV -
	C	+12,4	ns -
	CHI	+11,4	ns -
	L	+9,5	++
	GV	+5,3	- GV
	TAR	-7,5	++
	SH	-10,1	-
	PH	-11,5	-
	A	-12,2	-
	HE	-19,0	-
	RA	-22,6	-

Merkmal:	200 Tagegewicht	tägl. Zunahmen nach dem Absetzen	550 Tagegewicht
Einheit:	kg	kg/Tag	kg
Mutterrasse:	A und HE	A und HE	A und HE
Geschlecht:	♂ + ♀	Ochsen	♀
Tierzahl:	3.862	1.903	1.630
Autor u. Jahr:	SMITH et al. (1976a) GREGORY et al. (1978)	SMITH et al. (1976b) CUNDIFF et al. (1981)	LASTER et al. (1976) und (1979)
	Rasse korr. LSQ-M. d. Diff. zu FV zuGV	Rasse korr. LSQ-M. d. Diff. zu FV zuGV	Rasse korr. LSQ-M d. Diff. zu GV
	GV 205,4 C 204 ns CHI 203,4 - ns MA 202,2 - ns FV 202 FV - BS 200,8 - + L 194 sig - SD/HE/A 191 sig ++ RP 189 - ++ J 180 sig -	FV 1,21 FV - C 1,20 ns - MA 1,19 - + SD 1,16 + - GV 1,15 - GV CHI/BS 1,12 - ns HE/A 1,08 - + L 1,04 sig - J 1,00 sig - RP 0,99 sig -	MA 366 ns CHI 364 - FV 360 - GV 359 GV C 355 - BS 351 ns SD 348 - HE/A 336 + L 335 - RP 326 + J 309 -

Fortsetzung Tabelle 32:

Merkmal:	Alter bei der Geschlechtsreife	Trächtigkeitsrate als Jährling	12 Std. Milchleistung
Einheit:	Tage	%	kg
Mutterrasse:	A und HE	A und HE	A und HE
Geschlecht	♀	♀	♀
Tierzahl:	1.630	1.630	1.630
Autor u. Jahr:	LASTER et al. (1979)	LASTER et al. (1979)	LASTER et al. (1979)
	Rasse korr. LSQ-M. d. Diff. zu GV	Rasse korr. LSQ-M. d. Diff. zu GV	Rasse korr. LSQ-M.
	J 323 -	MA 96,8 ns	J 4,3
	GV 341 GV	GV 95,8 GV	FV/GV/BS 3,9
	BS 347 ns	BS 95,6 ns	RP 3,6
	RP 352 ns	HE/A 89,8 ns	SD/MA 3,1
	SD 365 -	CHI 88,2 ns	CHI/HE/A 2,9
	MA/HE/A 372 sig	RP 87,4 ns	L/C 2,6
	FV 373 -	J 83,2 -	
	L/C/CHI 399 sig	FV 83,0 -	
		SD 81,9 -	
		L 78,8 -	
		C 77,4 -	

3. MATERIAL

Zur Analyse der Populationsentwicklung und der Populationsstruktur des Gelbviehs in Bayern standen vom Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredlung in Bayern e.V. (LKV) erhobene und auf Magnetband gespeicherte Daten aus den Regierungsbezirken Mittelfranken, Oberfranken und Unterfranken zur Verfügung. Im Untersuchungsmaterial werden alle Tiere aus allen Betrieben erfaßt, in denen in den MLP-Prüfungsjahren 1980 bis 1984 mindestens 1 Tier mit einer 4 in der Rassenkodierung (Gelbviehrefinzuht oder -kreuzung) abkalbte. (in der restlichen Arbeit ist bei Jahresangaben oder mit der Abkürzung MLP-Jahr immer das Milchleistungsprüfungsjahr vom 1. 10. des Vorjahres bis zum 30. 9. des genannten Jahres gemeint). Damit werden also in dem genannten Zeitraum alle Gelbviehtiere und Gelbviehrefinzuhten mit einem Gelbviehrefinanteil von mehr als 25 % in den fränkischen Regierungsbezirken erfaßt. Eine Kontrolle für Gesamt-bayern im LKV-Jahr 1984 ergab, daß außerhalb von Franken in diesem Jahr lediglich 8 Gelbviehrefinzuhtttiere und 13 Gelbviehrefinzuhtskühe geprüft wurden. Das Gelbvieh außerhalb von Franken kann deshalb unberücksichtigt bleiben.

Aus den im Untersuchungsmaterial erfaßten Betrieben standen die Abstammungsdaten aller geprüften Kühe von 1970 - 1984 wie folgt zur Verfügung:

1. Ordnungsbegriff (Milcherzeugerring, Landkreis, Gemeinde, Betrieb und Nummer im Betrieb) der Kuh
2. Ordnungsbegriff der Mutter der Kuh
3. Rassenkodierung der Kuh
4. Rassenkodierung der Mutter
5. Herdbuchnummer und Zuchtverband des Vaters

Für die Tiere, die vom 1. 10. 1979 bis zum 30. 9. 1984 abkalbten, war außer den Abstammungsdaten folgendes bekannt:

6. Geburtsdatum
7. Erstkalbealter
8. Abgangsdatum und -ursache
9. Laktationsnummer
10. Kalbedatum
11. Geschlecht und Verwendung des Kalbes
12. Melktage
13. Milch-kg
14. Fett-%
15. Eiweiß-%
16. Fett-kg
17. Eiweiß-kg

Die Abgangs- und Leistungsdaten von 1984 waren noch nicht vollständig, deshalb wurde auf diese weitgehend verzichtet.

Anhand der Tabellen 33 - 35 wird das Gesamtuntersuchungsmaterial vorgestellt und zusätzlich die Ergebnisse von Gesamtbayern angegeben. Die Gesamtzahl der Abkalbungen je LKV-Prüfungsjahr des Untersuchungsmaterials steigt von 1980 bis 1984 von 58.500 auf 69.635 Kalbungen an (in der übrigen Arbeit wird oft auch von Kühen, Tieren oder Laktationen gesprochen, dabei handelt es sich streng genommen um Kalbungen; diese Begriffe sind aber bei 1 Kalbung/Jahr identisch). Der relative Zuwachs entwickelt sich etwa parallel zu Gesamtfranken und um etwa 4,5 % schneller als in Gesamtbayern. Die Entwicklung des Populationsanteils des Gelbviehs am Untersuchungsmaterial kann deshalb als weitgehend repräsentativ für die relative Entwicklung in Gesamtbayern angesehen werden. 50 % der Kühe des Untersuchungsmaterials stehen in Unterfranken, 35 % in Mittelfranken und 15 % in Oberfranken (Tabelle 33). Der geschätzte Anteil an allen geprüften Kühen in den einzelnen Regionen liegt in Oberfranken bei 10 - 15 %, in Mittelfranken bei etwa 28 % und in Unterfranken bei 90 - 100 %. Das entspricht in Franken 34 - 35 % und in Bayern knapp 7 % der Tiere unter MLP.

Die relativen regionalen Veränderungen innerhalb des Untersuchungsmaterials sind während der 5 Jahre gering. Die durchschnittliche Betriebsgröße der Betriebe des Untersuchungsmaterials steigt von 14,5 Tieren je Betrieb auf 17 Kühe je Betrieb an und liegt somit 1,5 bzw. 2 Tiere über der Betriebsgröße von Unterfranken und 5 Kühe je Betrieb unter der von Gesamtbayern (Tabelle 34). Der Anteil der Betriebe des Untersuchungsmaterials mit 10 - 19 Kühe fällt im Untersuchungszeitraum von 52,2 % auf 47,1 % ab, während er in Unterfranken auf über 54 % ansteigt; noch stärker aber als im Untersuchungsmaterial fällt der Anteil dieser Betriebe in Gesamtbayern.

Die Milchleistung der Kühe steigt in den Prüfungsjahren 1980 bis 1983 von 4.461 kg auf 4.660 kg an und liegt damit 290 - 380 kg unter der Durchschnittsmilchleistung von Gesamtbayern, der Fettgehalt liegt leicht unter, der Eiweißgehalt leicht über den Werten von Gesamtbayern (Tabelle 35).

Tabelle 33: Verteilung der Kalbungen (Kühe) des Untersuchungsmaterials (UM) auf die fränkischen Milcherzeugerringe in den MLP-Jahren 1980 bis 1984 und ihr geschätzter Anteil *) an allen geprüften Tieren in Franken (F) und Bayern (BY).

Gesamtmaterial (UM)	n	MLP-Jahr				
		1980	1981	1982	1983	1984
UM in % der MLP-Kühe in F		58.500	61.276	63.610	67.708	69.635
UM in % der MLP-Kühe in BY		34,3	34,3	34,1	34,2	34,4
		6,5	6,6	6,6	6,7	6,8
Anteil am UM:						
Regierungs-						
bezirk						
Milcherzeuger-						
ring						
MF	Ansbach	34,2	34,7	35,1	35,1	35,8
OF	Bayreuth	11,9	12,0	11,9	11,5	11,7
OF	Coburg	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
UF	Bad Neustadt/ Saale	20,8	20,2	20,0	20,0	19,5
UF	Würzburg	29,6	29,8	29,6	29,9	29,6

*) UM in Beziehung gesetzt zum Stand der Milchleistungsprüfung am 30. 9. des betreffenden Jahres (LKV, 1980 - 1984)

MF = Mittelfranken; OF = Oberfranken; UF = Unterfranken

Tabelle 34: Der prozentuale Anteil der Betriebe verschiedener Herdengrößenklassen an der Gesamtzahl der Betriebe des Untersuchungsmaterials (UM) in den MLP-Jahren 1980 - 1984 im Vergleich zu Unterfranken (UF) und Bayern (BY) (Stand 1. 12. des betreffenden Jahres; Landeskontrollverband, 1980 - 1984)

	1930	1981	1982	1983	1984
<u>Anzahl der Betriebe</u>					
UM	4.026	4.033	4.032	4.078	4.091
UF	2.375	2.368	2.413	2.448	2.318
BY	44.300	44.523	45.058	45.681	44.253
<u>Durchschnittl. Betriebsgröße</u>					
UM	14,5	15,2	15,8	16,6	17,0
UF	13,0	13,4	13,8	14,5	15,1
BY	19,5	20,2	20,7	21,7	21,9
<u>Herdengrößenklasse (in %)</u>					
<u>1 - 9 Kühe</u>					
UM	27,0	24,9	23,2	20,5	20,9
UF	+6,3	+7,3	+6,2	7,0	+4,9
BY	14,3	-13,3	-12,5	-10,8	-11,5
<u>10 - 19 Kühe</u>					
UM	52,2	50,9	50,2	49,0	47,1
UF	-0,2	+1,5	+3,1	+3,7	+7,1
BY	-9,0	-9,4	-10,5	-11,8	-11,1

Fortsetzung Tabelle 34:

	1980	1981	1982	1983	1984
<u>Herdengrößenklasse (in %)</u>					
<u>19 - 29 Kühe</u>					
UM	15,8	18,6	20,0	22,6	22,1
UF	-3,9	-6,3	-6,7	-7,3	-5,2
BY	+14,3	+12,8	+12,3	+10,3	+11,5
<u>30 und mehr Kühe</u>					
UM	5,0	5,7	6,6	8,0	10,0
UF	-2,1	-2,6	-2,6	-3,3	-4,3
BY	+9,0	+9,9	+10,8	+12,2	+11,1

Tabelle 35: Die Leistungsentwicklung der Milchleistungsmerkmale des Untersuchungs-
materials (UM), Milch-kg, Fett-% und Eiweiß-% in den MLP-Jahren 1980 -
1984 im Vergleich zu Bayern (BY) (Landeskontrollverband, 1980 - 1984)

Merkmal	1980	1981	1982	1983
mind. 270-Tage-Laktation UM	41.228	43.216	45.361	47.795
Vollabschlüsse BY	619.216	642.623	671.336	703.671
<u>Milch-kg</u>				
UM	4.461	4.483	4.588	4.660
BY	4.828	4.859	4.879	5.039
UM - BY	-367	-376	-291	-379
<u>Fett-%</u>				
UM	3,96	3,93	3,91	3,90
BY	3,97	3,95	3,94	3,91
UM - BY	-0,01	-0,02	-0,03	-0,01
<u>Eiweiß-%</u>				
UM	3,48	3,43	3,42	3,42
BY	3,46	3,41	3,39	3,41
UM - BY	+0,02	+0,02	+0,03	+0,01

4. METHODE

4.1. Bestimmung der Kreuzungsgruppen durch Pedigrees

Im ersten Teil wird die Entwicklung der Gelbviehpopulation und der Gelbviehkreuzungen in den MLP-Jahren 1980 bis 1984 entsprechend der LKV-Rassenkodierung dargestellt. Es werden Beziehungen zum Verbreitungsgebiet, zur Betriebsgröße und zum Gelbviehherdenanteil hergestellt und der Einfluß verschiedener Faktoren auf die Populationsentwicklung von Gelbvieh (O4), Fleckvieh (O1) und deren Kreuzungen beschrieben.

Dann werden die unkorrigierten Milchleistungsmerkmale Milch-kg, Fettgehalt und Eiweißgehalt von Gelb- und Fleckvieh in der Reinzucht und als Mutter-bzw. Vatterrasse in Kreuzungen verglichen. Am Beispiel der Milch-kg wird dann errechnet, welche Abweichung von der Reinzuchtleistung sich ergibt, wenn man vereinfachend die Rassenleistung nur nach der Vatterrasse berechnet, ohne nach Reinzucht oder Kreuzung zu differenzieren. Die Leistungen werden einmal getrennt nach MLP-Jahren und zum anderen getrennt nach Laktationen ermittelt, wobei die 8. und höhere Laktationen zusammengefaßt und auch die Laktationen von 1984 berücksichtigt werden. Es werden nur Laktationen mit mindestens 270-Tageleistungen ausgewertet.

Im zweiten Teil wird dann die Gelbviehrefinzucht unter Berücksichtigung der Elterngenerationen definiert und die Kreuzungen genetisch definierten Kreuzungsgruppen zugeordnet. Die zweistellige Rassenkodierung des LKV beschreibt 9 Rassen und deren Kreuzungen. Diese Kodierung ermöglicht es nicht, den genauen Genanteil eines Tieres anzugeben, sondern nur einen Genanteilsbereich (Tabelle 36). Eine exaktere Beschreibung des Genanteils eines Tieres ist erst durch die Erstellung eines Pedigrees unter Berücksichtigung der Elternrassen möglich. Folgende Richtlinien des LKV für die Beschreibung

von Rasse oder Kreuzung eines Tieres sind hierbei wichtig:
Die Zahlenfolgen 01 bis 09 stehen für Reinzuchttiere 9 verschiedener Rassen:

01 = Fleckvieh
04 = Gelbvieh
06 = Schwarzbunte
07 = Rotbunte
09 = Jersey

Für die Kodierung von Kreuzungstieren stehen die Ziffernfolgen 11 - 99 zur Verfügung. Hierbei gibt die Einerstelle die Rasse des Vaters, die Zehnerstelle die Rasse der Mutter an. War die Mutter bereits ein Kreuzungstier, so gibt die Einerstelle die Rasse des Vaters an, und auf die Zehnerstelle wird die Rasse des Großvaters (Einerstelle der Mutter) gesetzt.

<u>Beispiele:</u>	Mutter		Vater		Kuh
	01	x	04	=	14
	14	x	01	=	41
	41	x	01	=	11
	11	x	04	=	14
	14	x	06	=	46

Ist die Mutter ein Kreuzungstier, dessen Rassenschlüssel aus zwei gleichen Ziffern besteht, und wird sie mit einem Bullen dieser Rasse gepaart, so gilt die Tochter als reinrassig (LKV, 1982).

Beispiel: 11 x 01 = 01

Es wurde für jede Kuh, die in den MLP-Jahren 1980 bis 1984 abkalbte, aufgrund ihrer Abstammungsdaten ein Rassenpedigree erstellt und nach Pedigrees aufsummiert. Dabei ergeben sich für die 320.729 Kalbungen 5.265 verschiedene Rassenpedigrees. Folgende Ursachen bewirken die Vielzahl der Pedigrees:

- viele verschiedene Kreuzungsgruppen
- verschieden lange Pedigrees, d.h. unterschiedlich viele Elterngenerationen bekannt

an verschiedenen Stellen im Pedigree:

- unbekannte Tiere (v.a. Väter)
- Tiere (v.a. Väter) aus außerbayerischen Zuchtgebieten
- Fehlkodierungen, d.h. Kuhkodierung stimmt nicht mit Elternkodierung überein

Insgesamt haben Kühe aus 10.963 Abkalbungen (3,4 % des Untersuchungsmaterials) einen Fehler im Pedigree. Die Pedigrees wurden deshalb erneut aufgebaut, wobei die am weitesten zurückliegende Mutterkodierung und die folgenden Vaterkodierungen als richtig angenommen und die folgenden Tochterkodierungen nach den Regeln des LKV bestimmt wurden.

Treten im Pedigree unbekannte Väter oder Väter aus außerbayerischen Zuchtgebieten auf, so wird die Tochterkodierung als richtig angenommen und darauf aufgebaut. Hierdurch verringert sich die Zahl der Pedigrees auf 3.900. Aus den korrigierten Pedigrees wurden die folgenden Kreuzungsgruppen herausgesucht:

Reinzucht der Rassen:

Fleckvieh (FV), Gelbvieh (GV), Schwarzbunte (SB), Rotbunte (RB) und Jersey (J)

sowie die folgenden 2-Rassenkreuzungen zwischen diesen Rassen:

F ₁ -Generation	= F ₁
1. Rückkreuzung	= R ₁
2. Rückkreuzung	= R ₂
3. Rückkreuzung	= R ₃
Wechselkreuzung ab Urgroßeltern	= W ₁
Wechselkreuzung ab Ururgroßeltern	= W ₂
1. Rückkreuzung auf eine Rasse, gefolgt von zwei Rückkreuzungsschritten auf die andere Rasse	= R _{1,2}
2. Rückkreuzung auf eine Rasse, gefolgt von einem Rückkreuzungsschritt auf die andere Rasse	= R _{2,1}

Tabelle 36 zeigt am Beispiel der Kreuzung Gelbvieh X Fleckvieh die 2 Reinzuchtgruppen und die 15 berücksichtigten Kreuzungsgruppen.

zungsgruppen. Eine Kreuzungsgruppe wird jeweils von 2 verschiedenen Pedigrees bestimmt, da sich die Kodesequenzen unterscheiden, je nachdem, ob in der am weitesten zurückliegenden Generation die erfaßten Rassen Vater- oder Mutterrasse sind (Tabelle 36). Unter Berücksichtigung von 5 Rassen und den aufgeführten Kreuzungsgruppen aus 2-Rassenkreuzungen ergeben sich 80 verschiedene Reinzucht- und Kreuzungsgruppen, die mit 160 Pedigrees beschrieben werden. Wie aus Tabelle 36 ersichtlich, umfassen verschiedene Rassenkodierungen verschieden große Genanteilsbereiche: 12,5 (z.B. 01 oder 44) und 25,0 % Gendifferenz (z.B. 41). Da bei der Kodierung mit 2 gleichen Ziffern (z.B. 11 oder 44) der nicht definierte Fremdgenanteil bis 25 % betragen kann, ergibt sich, wenn keine Vorinformation vorhanden ist, die geringste Fehlerquote aus der Reinzuchtkodierung. Deshalb wurden zur Erstellung der Kreuzungsgruppen nur solche Pedigrees herangezogen, bei denen die früheste Elterngeneration nur aus Reinzuchttieren besteht. Bei Reinzucht und F_1 reicht deshalb eine Generation aus, bei der R_3 z.B. sind mindestens 4 Generationen zur Zuordnung zu einer Kreuzungsgruppe nötig.

Es kann in der Regel davon ausgegangen werden, daß der Reinzuchtgenanteil der Bullen 100 % beträgt. Das bedeutet, daß mit jeder zusätzlichen Generation die mögliche Fehleinschätzung des Fremdgenanteils einer Kuh um die Hälfte abnimmt, wenn der am weitesten zurückliegende weibliche Vorfahre fälschlicherweise mit 100 % Reinzucht angenommen wird, obwohl der Genanteil nur 87,5 % betrug. Bei einer Elterngeneration beträgt der maximale Fehler dann noch 6,25 %, bei 6 Elterngenerationen nur noch 0,195 %. Verschieden lange Pedigrees geben also die wahrscheinlichen Genanteile der Rassen am Genotyp einer Kuh mit unterschiedlicher Genauigkeit an. Deshalb wurden die einzelnen Kreuzungsgruppen nach der Länge des Pedigrees in verschiedene Gruppen eingeteilt. Berücksichtigt man Gruppen unterschiedlicher Genauigkeit bis zu 6 Generationen, so werden bisher 1.005 Pedigrees erfaßt. Treten in einem

Tabelle 36: Zusammenhänge zwischen LKV-Rassenkodierung und Kreuzungsgruppen am Beispiel von Gelbvieh X Fleckviehkreuzungen

Rassenpedigree ♀ ₁ × ♂ ₁ = ♀ ₂ × ♂ ₂ = ♀ ₃ × ♂ ₃ = ♀ ₄ × ♂ ₄ *)	Ras. kod. Kuh	Kreu- zungs- gruppe	Gelbvieh- genanteil	Gendiff. innerhalb Kodierung
04x04=04x04=04x04=04x04 = 04		GV	100,0	
01x04=14x04=44x04=04x04 = 04		R ₃ GV	93,75	12,5
04x01=41x04=14x04=44x04 = 04		R ₃ GV	93,75	
01x01=01x04=14x04=44x04 = 04		R ₂ GV	87,50	
04x04=04x01=41x04=14x04 = 44		R ₂ GV	87,5	12,5
01x04=14x01=41x04=14x04 = 44		R ₁ FV/2GV	81,25	
04x01=41x01=11x04=14x04 = 44		R ₁ FV/2GV	81,25	
01x01=01x01=01x04=14x04 = 44		R ₁ GV	75,0	
04x04=04x04=04x01=41x04 = 14		R ₁ GV	75,0	25,0
01x04=14x04=44x01=41x04 = 14		W ₂ GV	68,75	
04x01=41x04=14x01=41x04 = 14		W ₂ GV	68,75	
01x01=01x04=14x01=41x04 = 14		W ₁ GV	62,5	
04x04=04x01=41x01=11x04 = 14		W ₁ GV	62,5	
01x04=14x01=41x01=11x04 = 14		R ₂ FV/1GV	56,25	
04x01=41x01=11x01=01x04 = 14		R ₂ FV/1GV	56,25	
01x01=01x01=01x01=01x04 = 14		F ₁ GV	50,0	
04x04=04x04=04x04=04x01 = 41		F ₁ FV	50,0	25,0
01x04=14x04=44x04=04x01 = 41		R ₂ GV/1FV	43,75	
04x01=41x04=14x04=44x01 = 41		R ₂ GV/1FV	43,75	
01x01=01x04=14x04=44x01 = 41		W ₁ FV	37,5	
04x04=04x01=41x04=14x01 = 41		W ₁ FV	37,5	
01x04=14x01=41x04=14x01 = 41		W ₂ FV	31,25	
04x01=41x01=11x04=14x01 = 41		W ₂ FV	31,25	
01x01=01x01=01x04=14x01 = 41		R ₁ FV	25,0	
04x04=04x04=04x01=41x01 = 11		R ₁ FV	25,0	12,5
01x04=14x04=44x01=41x01 = 11		R ₁ GV/2FV	18,75	
04x01=41x04=14x01=41x01 = 11		R ₁ GV/2FV	18,75	
01x01=01x04=14x01=41x01 = 11		R ₂ FV	12,5	

Fortsetzung Tabelle 36:

Rassenpedigree $\sigma_1 \times \sigma_1 = \sigma_2 \times \sigma_2 = \sigma_3 \times \sigma_3 = \sigma_4 \times \sigma_4$ *)	Ras. kod. Kuh	Kreu- zungs- gruppe	Gelbvieh genanteil	Gendiff. innerhalb Kodierung
04x04=04x01=41x01=11x01 = 01		R ₂ FV	12,5	
01x04=14x01=41x01=11x01 = 01		R ₃ FV	6,25	12,5
04x01=41x01=11x01=01x01 = 01		R ₃ FV	6,25	
01x01=01x01=01x01=01x01 = 01		FV	0,0	

*) 1 = Ururgroßeltern, 2 = Urgroßeltern, 3 = Großeltern,
4 = Eltern

Pedigree unbekannte Tiere oder Tiere aus außerbayerischen Zuchtgebieten auf, so wurde das Tier der Gruppe zugeordnet, bis zu der das Pedigree durchgehend bekannt war. Um einer Kreuzungsgruppe zugeordnet zu werden, mußten alle dem unbekannten bzw. fremden Tier vorausgehenden Rassenkodierungen die gleiche Reinzuchtkodierung haben wie die erste Kuh nach dem unbekannten bzw. fremden Tier (v.a. Väter).

4.2. Vergleich verschiedener genetischer Modelle zur Schätzung von Kreuzungsparametern

Zur Schätzung der Kreuzungseffekte wurden die im Literaturteil (Kap. 2.3.1. - 2.3.4.) ausführlich beschriebenen Modelle von DICKERSON, MATHER und JINKS, HILL und KINGHORN sowie das reine Dominanzmodell herangezogen. In den in Tabelle 36 definierten Kreuzungsgruppen ist jedem Kreuzungsschritt jeweils ein Elternteil (der Vater) Reinzucht. In einem solchen Fall können nicht alle epistatischen Effekte gleichzeitig geschätzt werden, da dann unabhängig von der Zahl der Kreuzungsgruppen lineare Abhängigkeiten bestehen. Die Ursache liegt letztlich darin, daß die Modelle von MATHER und JINKS, HILL und KINGHORN auf den in Abb. 8 beschriebenen 9 Genotypen aufbauen und im Kreuzungsgang mit jeweils einem Eltern-

Genotypen, in denen jeweils an einem Locus die eine Rasse und am anderen Locus die andere Rasse homozygot vertreten ist (AA $\bar{a}$ b $\bar{b}$ und aaBB). Bei Anwendung des vollen Modells bestehen die folgenden linearen Abhängigkeiten:

- MATHER und JINKS: $\mu = 2d + i - l$
- HILL: $\mu = 2d + 4aa - dd$
- KINGHORN: $d = \gamma_1 + 1/2\beta_1$

(Erklärung der Symbole siehe Kap. 2.3.1. - 2.3.4.)

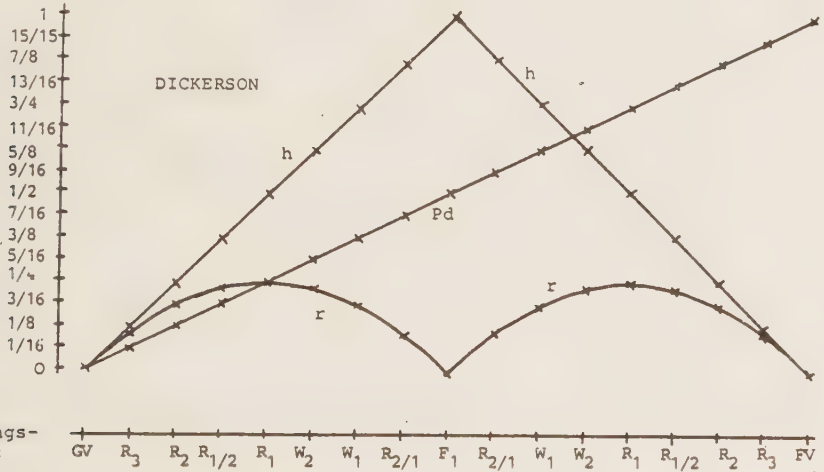
Tabelle 37 zeigt die Koeffizienten der verschiedenen Kreuzungsparameter der verschiedenen (vollen) Modelle für die zur Auswertung herangezogenen Kreuzungsgruppen. Die Abbildungen 22 - 25 stellen diese zum besseren Vergleich graphisch dar. Aus den genannten Gründen müssen in diesen Modellen Restriktionen vorgenommen werden, um die linearen Abhängigkeiten zu beseitigen. KINGHORN (1980) faßt die verschiedenen Genkonfigurationen (in unserem Fall β_1 und γ_1) unter Hypothese X und Hypothese Y (siehe Kap. 2.3.4.) zusammen. Außerdem sollen β_1 und γ_1 auch getrennt geschätzt werden (d.h. der andere Parameter wird jeweils Null gesetzt), da β_1 additive X dominante Effekte und γ_1 dominante X dominante Effekte beschreibt. In den Modellen von MATHER und JINKS und HILL werden einmal additive X dominante Effekte und dominante X dominante Effekte gleich Null gesetzt und einmal nur die Dominanz X Dominanzeffekte. In Tabelle 38 sind die daraus resultierenden 10 verschiedenen Auswertungsmodelle aufgelistet und die epistatischen Effekte angegeben, die in dem entsprechenden Modell vernachlässigt werden.

abelle 37: Koeffizienten der Kreuzungsparameter in den Modellen von DICKERSON, KINGHORN, MATHER und JINKS sowie HILL bei den verschiedenen Kreuzungsgruppen der Gelbvieh X Fleckviehkreuzungen

Kreuzungs- gruppe	M o d e l l e																		
	DICKERSON			KINGHORN					MATHER u. JINKS					HILL					
	Pd	h	r	Pd	h	β_1	γ_1	e_x	e_y	a	d	aa (i)	ad (j)	dd (l)	a	d	aa	ad	dd
2GV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	1	0	0	-1	-1	1	1	1
3GV	1/16	1/8	7/64	1/16	1/8	7/32	1/64	15/128	7/128	-7/8	1/8	49/64	-7/64	1/64	-7/8	-3/4	49/64	21/32	9/16
22GV	1/8	1/4	3/16	1/8	1/4	3/8	1/16	7/32	3/64	-3/4	1/4	9/16	-3/16	1/16	-3/4	-1/2	9/16	3/8	1/4
11FV/2GV	3/16	3/8	15/64	3/16	3/8	15/32	9/64	39/128	9/128	-5/8	3/8	25/64	-15/64	9/64	-5/8	-1/4	25/64	5/32	1/16
1GV	1/4	1/2	1/4	1/4	1/2	1/2	1/4	3/8	1/8	-1/2	1/2	1/4	-1/4	1/4	-1/2	0	1/4	0	0
22GV	5/16	5/8	15/64	5/16	5/8	15/32	25/64	55/128	15/128	-3/8	5/8	9/64	-15/64	25/64	-3/8	1/4	9/64	-3/32	1/16
1GV	3/8	3/4	3/16	3/8	3/4	3/8	9/16	15/32	9/32	1/4	3/4	1/16	3/16	9/16	-1/4	1/2	1/16	-1/8	1/4
22FV/1GV	7/16	7/8	7/64	7/16	7/8	7/32	49/64	63/128	7/128	-1/8	7/8	1/64	-7/64	49/64	-1/8	3/4	1/64	-3/32	9/16

Abb. 25 und 26: Graphische Darstellung der Koeffizienten der Kreuzungsparameter in den Modellen von DICKERSON und KINGHORN

Kreuzungskoeffizient:



Kreuzungskoeffizient:

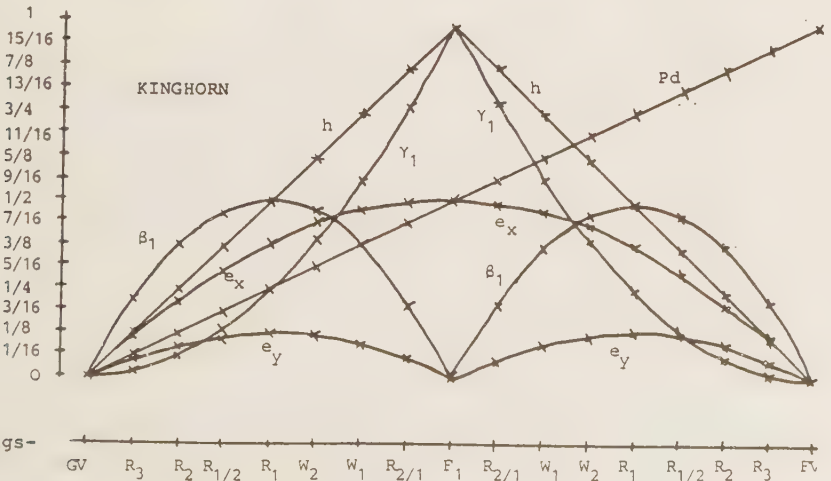
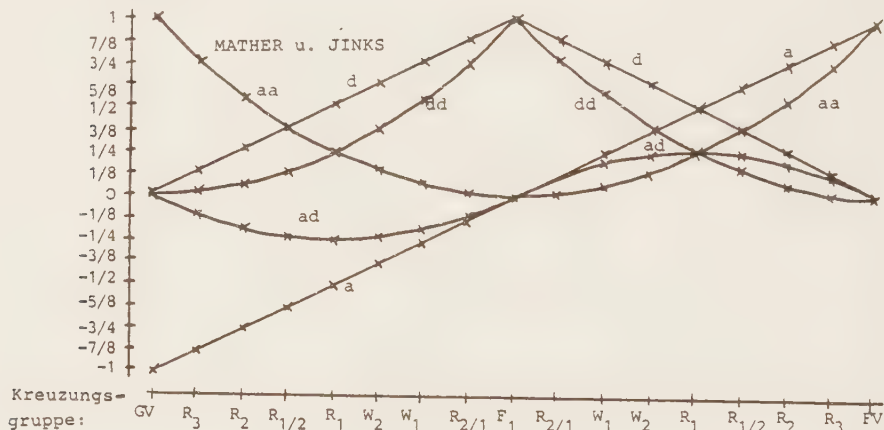


Abb. 27 und 28: Graphische Darstellung der Koeffizienten der Kreuzungsparameter in den Modellen von MATHER und JINKS sowie HILL

Kreuzungskoeffizient:



Kreuzungskoeffizient:

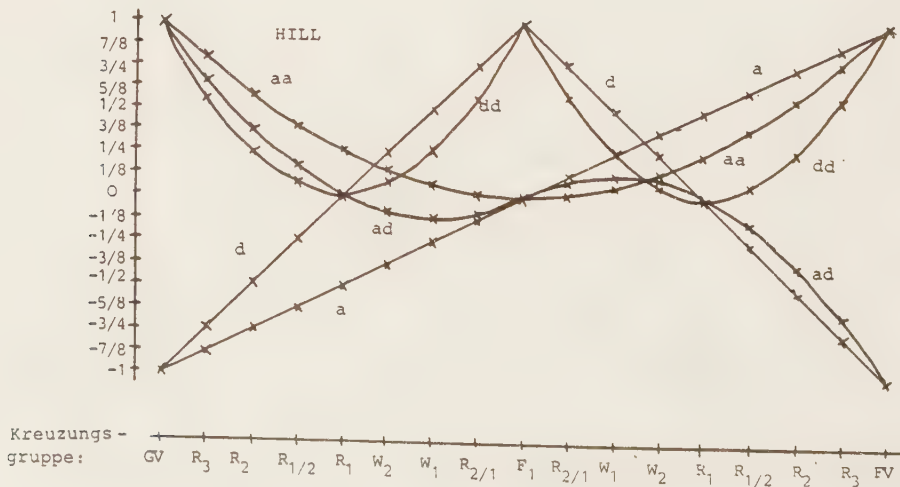


Tabelle 38: Verschiedene Modelle zur Auswertung von 2-Rassenkreuzungen bei Fehlen einer F_2 -Generation

Autor bzw. Modell	Parameter für: additive Dominanz Effekte oder Heterosiseff.		epistatische Effekte	nicht berücksichtigte epistatische Effekte
Dominanz	g	h	---	---
DICKERSON	g	h	r	---
KINGHORN ₁	G	H	β_1	aa + dd
KINGHORN ₂	G	H	γ_1	aa + ad
KINGHORN ₃	G	H	e_x	aa
KINGHORN ₄	G	H	e_y	aa
MATHER u. JINKS ₁	a	d	i	ad + dd
MATHER u. JINKS ₂	a	d	l + j	dd
HILL ₁	a	d	aa	ad + dd
HILL ₂	a	d	aa + ad	dd

Erklärung der Symbole siehe Kap. 2.3.1. - 2.3.4.

Wie aus Tabelle 37 hervorgeht, sind sehr viele Koeffizienten zwischen den verschiedenen Modellen gleich oder durch lineare Rechenoperationen ineinander überführbar oder haben, wie aus den Abbildungen 25 - 28 hervorgeht, zwischen den Kreuzungsgruppen gleiches oder ähnliches Verhalten, das oft nur durch unterschiedliches Vorzeichen maskiert ist. Insbesondere gilt für die epistatischen Koeffizienten β_1 , r und e_y bei gleichen Koeffizienten für die additiven und Dominanzeffekte: $\beta_1 = 2r = 4e_y$. Dadurch reduzieren sich die Modelle aus Tabelle 38 auf 6 verschiedene Auswertungsmodelle.

Tabelle 39 zeigt, wie sich die Ergebnisse aus verschiedenen Modellen ineinander umrechnen lassen.

Tabelle 39: Lineare Zusammenhänge der Ergebnisse verschiedener genetischer Modelle aus Tabelle 38

Modell:	DICKERSON		KINGHORN ₁		KINGHORN ₄
additiver Effekt	g	=	G	=	G
dominanter Effekt	h	=	H	=	H
epistatischer Effekt	r	=	$2\beta_1$	=	$1/2e_y$
Modell	KINGHORN ₃		MATHER u. JINKS ₁		HILL ₁
additiver Effekt	G	=	2a	=	2a
dominanter Effekt	H	=	d	=	2d
epistatischer Effekt	e_x	=	-2aa	=	-2aa
Modell			MATHER u. JINKS ₂		HILL ₂
additiver Effekt			a	≈	a
dominanter Effekt			d	=	2d
additiv X additiver Effekt			aa	=	aa
additiver X dominanter Effekt			ad	=	2ad

Erklärung der Symbole: siehe Tabelle 38

Die additiven Effekte sind in den Modellen MATHER und JINKS₂ und HILL₂ nicht völlig identisch, da bei HILL neben den additiven und additiv X additiven Effekten noch weitere Effekte von der Reinzucht mitbestimmt werden.

BRADE (1984) zeigt, daß die Schätzung von Heterosis und Rekombinationsverlust unter Berücksichtigung verschiedener

Kreuzungsgruppen zu verschiedenen Ergebnissen führt, und erschließt daraus, daß auch andere epistatische Effekte eine Rolle spielen könnten. In dieser Arbeit soll der umgekehrte Weg beschritten werden. Es sollen die Kreuzungsparameter der verschiedenen Modelle jeweils 3mal anhand von unterschiedlich vielen Kreuzungsgruppen bestimmt werden:

1. mit allen in Tabelle 37 aufgeführten Kreuzungsgruppen
= KRG 1-9,
2. ohne die komplexen Kreuzungsgruppen R_3 , $R_{1/2}$, $R_{2/1}$ und W_2
= KRG 1-5,
3. nur aus den Kreuzungsgruppen Reinzucht, F_1 und R_1 = KRG 1-3

Gemäß den zugrunde gelegten genetischen Hypothesen müßte in allen 3 Fällen dasselbe Ergebnis erhalten werden. Daraus läßt sich folgern, daß das genetische Modell dem Material am besten entspricht, dessen Parameter zwischen den 3 Auswertungsansätzen die geringste relative Änderung erfahren. Dabei kann natürlich nicht zwischen Modellen unterschieden werden, deren Ergebnisse sich linear ineinander umrechnen lassen.

Unter Berücksichtigung der Reinzucht von Gelbvieh, Fleckvieh, Schwarzbunten und Rotbunten und allen entsprechend Tabelle 36 definierten Kreuzungsgruppen aus 2-Rassenkreuzungen zwischen diesen Rassen wurden in einem Mehrassenmodell nach DICKERSON folgende Parameter geschätzt:

$g_{(FV)}$	= Populationsdifferenz zwischen Gelbvieh und Fleckvieh
$g_{(SB)}$	= Populationsdifferenz zwischen Gelbvieh und Schwarzbunten
$g_{(RB)}$	= Populationsdifferenz zwischen Gelbvieh und Rotbunten
$h_{(GVFV)}$ und $r_{(GVFV)}$	= Heterosis und Rekombinationsverlust zwischen Gelb- und Fleckvieh
$h_{(GVSB)}$ und $r_{(GVSB)}$	= Heterosis und Rekombinationsverlust zwischen Gelbvieh und Schwarzbunten
$h_{(GVRB)}$ und $r_{(GVRB)}$	= Heterosis und Rekombinationsverlust zwischen Gelbvieh und Rotbunten

$h_{(FVRB)}$ und $r_{(FVRB)}$ = Heterosis und Rekombinationsverlust zwischen Fleckvieh und Rotbunten

$h_{(SBRB)}$ und $r_{(SBRB)}$ = Heterosis und Rekombinationsverlust zwischen Schwarzbunten und Rotbunten

Einen Auszug aus der Koeffizientenmatrix zeigt Tabelle 40.

Tabelle 40: Auszug aus der Koeffizientenmatrix des DICKERSON-Modells bei Beteiligung mehrerer Rassen

Kreuzungs- gruppe	$g_{(FV)}$	$g_{(SB)}$	$g_{(RB)}$	$h_{(GVFV)}$	$h_{(GVSB)}$	$h_{(FVSB)}$	$r_{(GVSB)}$	$r_{(FVSB)}$
GV	0	0	0	0	0	0	0	0
RB	0	0	1	0	0	0	0	0
$F_1(GVFV)$	1/2	0	0	1	0	0	0	0
$F_1(SBRB)$	0	1/2	1/2	0	0	0	0	0
$R_1(GVSB)$	0	1/4	0	0	1/2	0	1/2	0
$R_3(FVSB)$	15/16	1/16	0	0	0	1/8	0	7/64
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$

Erklärung der Symbole siehe Text.

Nach GARDNER und EBERHART (1966) kann man, wenn die Heterosiseffekte von Zweirassenkreuzungen zwischen mindestens 4 Rassen bekannt sind, den Heterosiseffekt jeder Zweirassenkombination in 4 Komponenten zerlegen. In Anlehnung an GARDNER und EBERHART (1966) und STEWART et al. (1980) wurde die Heterosis einer Zweirassenkreuzung in die Komponenten "allgemeine Heterosis", "allgemeine Kreuzungseignung" ("general combining ability") der beteiligten Rassen und "spezifische Kreuzungseignung" ("specific combining ability") der Rassenkombination, wie in Formel 30 zerlegt.

Formel 30: Zerlegung der Heterosis einer Zweirassenkreuzung in die Komponenten: allgemeine Heterosis (h_A), allgemeine Kreuzungseignung (AKE) und spezifische Kreuzungseignung (SKE)

$$h_{(PxPy)} = h_A + 1/2AKE_{(Px)} + 1/2AKE_{(Py)} + SKE_{(PxPy)}$$

$h_{(PxPy)}$ = Heterosis der Zweirassenkreuzung zwischen den Rassen Px und Py

Die Summe der allgemeinen Kombinationseignungen der beteiligten Rassen und die Summe der spezifischen Kombinationseignungen der beteiligten Rassenkombinationen ergeben jeweils Null. Aus den Heterosiseffekten der 6 Zweirassenkombinationen zwischen den Rassen Gelbvieh, Fleckvieh, Schwarzbunte und Rotbunte wurden die in Formel 30 genannten Komponenten in 3 Schritten errechnet:

1. die Durchschnittsheterosis oder allgemeine Heterosis
2. die allgemeinen Kombinationseignungen (Formel 30,
 $SKE_{(PxPy)} = 0$)
3. die spezifischen Kombinationseignungen (Formel 30).

4.3. Statistische Auswertungsmethoden

Für die Auswertungen der Milchleistungsmerkmale wurden nur Laktationen ab 270 Tagen Dauer verwendet und nur aus Betrieben, die in den LKV-Prüfungsjahren 1980 bis 1984 durchgehend unter Milchleistungsprüfung standen. Da die Laktationsergebnisse von 1984 unvollständig waren, wurde auf das gesamte Prüfungsjahr verzichtet. Aus den so definierten Laktationen wurden nach folgenden Methoden mit "fixen" Effekten für verschiedene Milchleistungsmerkmale nach dem "Least Squares and Maximum Likelihood General Purpose Program" von HARVEY (1976) die Kreuzungsgruppenmittelwerte errechnet:

Methode 1:

$$y_{ijklmno} = \mu + \underbrace{R_i + KJ_j + S_k + H\emptyset J_1}_{X_{ijkl}} + b(EKA_{ijklmn} - \overline{EKA}) + KRG_n + e_{ij}$$

Methode 2:

$$y_{ijklmnop} = \mu + \underbrace{X_{ijkl} + L_m}_{X_{ijklm}} + b(KA_{ijklmno} - \overline{KA}) + KRG_o + e_{ijklmnop}$$

Methode 1 wurde zur Auswertung der 1. Laktation und Methode 2 zur gemeinsamen Auswertung aller Laktationen herangezogen.

Erklärung der Symbole:

- $y_{ijklmn(o)}$ = absolutes Milchleistungsergebnis der Kuh $ijklmn$ in der Laktation 1 oder o
- μ = Mittelwert einer gedachten Gesamtpopulation aus allen Reinzucht- bzw. Kreuzungsgruppen
- R_i = Region, i = die 5 Milcherzeugerringe
- KJ_j = Kalbejahr, j = LKV-Prüfungsjahr 1980, 1981, 1982 und 1983
- S_k = Saison, k = 4: Jan. - März, April - Juni usw.
- $H\emptyset J_1$ = Herdenjahresdurchschnitt, Korrektur innerhalb der Laktation und der zur Auswertung herangezogenen Tiere, mindestens 2 Tiere in derselben Laktation
- L_m = Laktation, m = 1 ... 7, ≥ 8
- EKA bzw. KA = Erstkalbealter bzw. Kalbealter (in Monaten) als Kovariable, b als partieller Regressionskoeffizient (linear)
- $KRG_{n(o)}$ = Reinzucht- oder Kreuzungsgruppe n bzw. o
- $e_{ijklmn(o,p)}$ = Zufallsfehler

Zum Teil wurden Populationsdifferenz und Kreuzungsparameter aus linearen Kombinationen von LSQ-Mittelwerten solcher Kreuzungsgruppen geschätzt. Meist aber wurden die Kreuzungsparameter als partielle Regressionskoeffizienten auf die Koeffizienten der zu schätzenden Kreuzungsparameter zusammen mit den entsprechenden Umwelteffekten wie in Methode 1 und 2 aus den Einzelbeobachtungen geschätzt:

Methode 3:

$$Y_{ijklmn} = \mu + X_{ijkl} + b(KA_{ijklm} - \overline{KA}) + \sum_{Kp=1}^a b_{Kp}^k k_{Kp}^{ijklm} + e_{ijklmn}$$

Methode 4:

$$Y_{ijklmno} = \mu + X_{ijklm} + b(KA_{ijklmno} - \overline{KA}) + \sum_{Kp=1}^a b_{Kp}^k k_{Kp}^{ijklmno} + e_{ijklmno}$$

Methode 3 wurde zur getrennten Auswertung der 1. bis zur 3. Laktation verwendet. Hierbei wird die 1. Laktation einmal mit der bereits beschriebenen Herdenjahresdurchschnittskorrektur von Methode 1 und 2 ausgewertet. Die Anzahl der auswertbaren Laktationen wird bei dieser relativ strengen Herdenkorrektur in der 2. und 3. Laktation aber sehr gering, so daß die ersten 3 Laktationen durch Verwendung einer weiter gefaßten Herdenjahresdurchschnittskorrektur verglichen werden. Es wurde in dieser Methode (3') der Herdenjahresdurchschnitt aus allen Tieren dieser Herden in derselben Laktation ermittelt ($H\bar{O}J_2$). Methode 4 wurde zur gemeinsamen Auswertung aller Laktationen herangezogen. Erklärung der Symbole:

b_{Kp} = partieller Regressionskoeffizient auf den Kreuzungsparameter Kp

$k_{Kp}^{ijklm(n)}$ = Koeffizient des Kreuzungsparameters Kp beim Individuum $ijklm$ bzw. $ijklmn$

a = Anzahl der Kreuzungsparameter, abhängig vom verwendeten genetischen Modell

Übrige Symbole entsprechend Methode 1 und 2

5. ERGEBNISSE

5.1. Die Entwicklung der Gelbviehpopulation in den Milchleistungsprüfungsjahren 1980 bis 1984

Im Untersuchungszeitraum (den MLP-Jahren 1980 bis 1984) steigt die Zahl der Abkalbungen im Gesamtuntersuchungsmaterial von 58.500 (1980) um 19,03 % auf 69.635 Kalbungen (1984) an. Im selben Zeitraum nimmt die Zahl der Kalbungen von Gelbviehkühen (LKV-Kodierung 04) von 29.561 auf 27.371 ab, das entspricht einer Abnahme von 7,41 %. Die jährliche Abnahme von Gelbviehkalbungen verlangsamt sich von 2,96 % (1980 bis 1981) auf 2,4 % (1983 bis 1984). Durch eine geringe Zunahme von 0,33 % vom Prüfungsjahr 1982 auf 1983 ergibt sich eine durchschnittliche jährliche Abnahme von 1,9 %.

Der Anteil des Gelbviehs am Gesamtmaterial sinkt von 50,53 % (1980) auf 39,31 % (1984) ab, während der Anteil des Fleckviehs (LKV-Kodierung 01) von 24,76 auf 31,83 % steigt. Die reinrassigen Kühe der übrigen Rassen können zusammen ihren Anteil am Untersuchungsmaterial bei etwa 7,15 % halten. Eine leichte relative Zunahme der Schwarzbunten ist festzustellen. Bezogen auf alle geprüften Tiere in Bayern (LKV, 1980 - 1984) sinkt der Anteil der Gelbviehereinzuchtstiere von etwa 3,4 % auf etwa 2,7 % ab.

Obwohl die absolute Zahl der Kalbungen von Reinzuchtstieren zunimmt, fällt ihr relativer Anteil am Untersuchungsmaterial von 82,45 % auf 78,19 % ab, was die zunehmende Bedeutung der Kreuzungszucht im Gelbviehzuchtgebiet unterstreicht (siehe Tabelle 41).

Tabelle 41: Verteilung der als reinrassig kodierten Kühe des Untersuchungsmaterials über die verschiedenen Rassen in den LKV-Prüfungsjahren 1980 - 1984 und deren Anteil am Gesamtuntersuchungsmaterial (UM).

Rasse	LKV- kod.	1980	1981	1982	1983	1984	alle Lakt.
Gelbvieh	O4	29.561	28.687	27.953	28.045	27.371	141.617
	% des UM	50,53	46,82	43,94	41,42	39,31	44,15
	*) % Franken	17,84	16,51	15,43	14,59	13,91	15,57
	*) % Bayern	3,44	3,22	3,02	2,88	2,78	3,05
Fleckvieh	O1	14.486	16.443	18.104	20.255	22.166	91.454
	% des UM	24,76	26,83	28,46	29,92	31,83	28,51
Schwarzbunte	O6	2.928	3.035	3.230	3.583	3.675	16.451
	% des UM	5,01	4,95	5,08	5,29	5,28	5,13
Rotbunte	O7	1.128	1.151	1.146	1.230	1.196	5.851
	% des UM	1,93	1,88	1,80	1,82	1,72	1,82
Jersey	O9	89	88	72	60	58	367
	% des UM	0,15	0,14	0,11	0,09	0,08	0,11

Fortsetzung Tabelle 41:

Rasse	LKV- kod.	1980	1981	1982	1983	1984	alle Lakt.
Sonstige Rassen	n % des UM	43 0,06	31 0,04	24 0,03	27 0,04	39 0,05	164 0,05
Gesamt	n % des UM	48.235 82,55	49.435 80,68	50.529 79,44	53.200 78,57	54.505 78,19	255.904 79,79

*) Kalbungen von Gelbviehkühen (04)/Jahr in Beziehung gesetzt zu allen geprüften Tieren in Franken und Bayern nach Angaben des LKV (LKV, 1980 - 1984)

5.1.1. Das Verbreitungsgebiet des Gelbviehs

Die regionale Verbreitung des Gelbviehs und dessen Populationsgrößenentwicklung in den einzelnen fränkischen Landkreisen stellen Tabelle 42 und Abbildung 29 dar. Die größten Gelbviehtierzahlen finden sich in den unterfränkischen Landkreisen Main-Spessart, Würzburg, Kitzingen, Schweinfurt, Bad Kissingen, Rhön-Grabfeld und Haßberge sowie in den Landkreisen Bamberg (Oberfranken), Neustadt/Aisch und Weißenburg-Gunzenhausen (Mittelfranken) mit über 1.200 Kalbungen im Jahr. Die höchsten Anteile an allen geprüften Tieren beschränken sich auf die unterfränkischen Landkreise und Bamberg vor allem aber auf den Milcherzeugerring Würzburg.

Außer in den Landkreisen Main-Spessart und Kitzingen nimmt die Zahl der Gelbviehkalbungen pro Jahr über den Gesamtzeitraum gesehen in allen Landkreisen ab, der Anteil an allen geprüften Tieren nimmt in allen Landkreisen ab. Während 1980 noch in 8 Landkreisen der Anteil der Gelbviehereinzuchttiere an allen geprüften Tieren über 50 % liegt, in den Landkreisen Main-Spessart und Schweinfurt sogar über 75 %, übersteigt der Anteil 1984 nur noch in 4 Kreisen 50 % (siehe Abb. 29). Ein starker Rückgang des Gelbviehs ist vor allem in den Landkreisen mit geringen Gelbviehkuhzahlen und geringer Gelbviehichte zu verzeichnen: von -15,89 % im Kreis Erlangen-Höchstatt (1980: 667 Kalbungen) bis -66,67 % im Landkreise Forchheim (1980: 51 Kalbungen). Auffallend hoch ist der Rückgang des Gelbviehs aber auch in den Landkreisen des Milcherzeugerrings: Bad Neustadt/Saale; hier vor allem im Landkreis Rhön-Grabfeld (-22,09 %) und in dem mittelfränkischen Landkreis Weißenburg-Gunzenhausen (-20,09 %). Eine nicht unerhebliche Rolle bei der Verdrängung des Gelbviehs in den beiden letztgenannten Kreisen dürfte die aus Abbildung 29 ersichtliche große Entfernung vom Marktort Würzburg spielen.

Abb. 29: Die Abnahme des Anteils der Gelbviehkühe (O4) an allen vom LKV geprüften Kühen in den fränkischen Landkreisen in den LKV-Prüfungsjahren 1980 - 1984

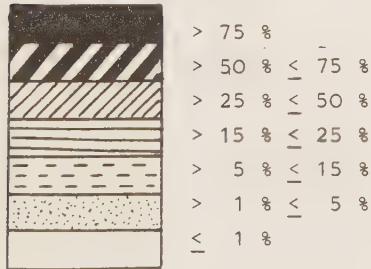


Fortsetzung Abbildung 29:

1984



Gelbvieh (O4) in %
aller geprüften Kühe



Abkürzungen der Landkreise siehe Tabelle 42

Tabelle 42: Die Entwicklung der Gelbviehreinzuhtpopulation in den MLP-Jahren 1980 bis 1984 in den fränkischen Landkreisen mit mehr als 25 Gelbvieh-tieren

Milcherzeuger- ring	Landkreis	Abk.	1980 n	Ab-/Zu- nahme %	1982 n	Ab-/Zu- nahme %	1984 n	Ab-/Zunahme (%) 1980-1984
Würzburg	Würzburg	WÜ	2.693	-3,8	2.592	-2,4	2.531	-6,02
	Kitzingen	KIT	3.522	-1,8	3.457	+3,3	3.571	+1,39
	Schweinfurt	SF	3.004	-4,6	2.865	+1,2	2.898	-3,53
	Main-Spessart	MSP	1.441	+1,5	1.462	+5,6	1.544	+7,15
Bad Neustadt/ Saale	Bad Kissingen	BK	1.400	-7,4	1.296	-4,6	1.236	-11,71
	Rhön-Grabfeld	RG	2.725	-13,2	2.364	-10,2	2.123	-22,09
	Haßberge	HAS	2.684	-4,4	2.565	-5,0	2.438	-9,17
Coburg	Lichtenfels	LIF	425	-5,9	400	-15,5	338	-20,47
Bayreuth	Bamberg	BAM	4.159	-2,7	4.048	+0,2	4.055	-2,50
	Forchheim	FO	51	-41,1	30	-43,3	17	-66,67
Ansbach	Neustadt/Aisch	NEA	4.593	-4,1	4.403	-0,6	4.375	-4,54
	Erlangen-Höchstadt	EH	667	-12,1	586	-4,3	561	-15,89

Milcherzeuger- ring	Landkreis	Abk.	1980 Ab-/Zu- nahme		1982 Ab-/Zu- nahme		1984 Ab-/Zunahme (%) 1980-1984	
			n	%	n	%	n	
Ansbach (Forts.) Roth	Weißenburg-Gunhshn. Ansbach	RH	228	-28,1	164	-12,8	143	-37,28
		WUG	1.862	-11,8	1.643	-9,4	1.488	-20,09
		AN	32	-21,9	25	-20,0	20	-37,50

Im LKV-Jahr 1984 wurden in den übrigen fränkischen Landkreisen an Gelbviehtieren geprüft:

- 0 in Aschaffenburg (AB), Kulmbach (KUL), Wunsiedel (WUN) und Nürnberger Land (NL)
 - 1 in Hof
 - 2 in Bayreuth (BAY)
 - 4 in Coburg (CO) und Fürth (FÜ)
 - 9 in Kronach (KRO)
 - 13 in Miltenberg (MIL)
- Gesamt: 33 Tiere

Im Jahr 1980 waren es noch 75 Tiere, das entspricht einer Abnahme von 56,0 %.

Tabelle 43: Abnahme der Gelbviehkalbungen in den verschiedenen fränkischen Landkreisen in bezug auf die Anzahl der Gelbviehtiere, ihren Anteil an allen geprüften Kühen und die Entfernung des Landkreises zum Markttort Würzburg

Landkreis Abk. *)	Gelbvieh- kalbungen 1980 (n)	Anteil an allen geprüften Kühen 1980 (%)	Entfernung des Land- kreises von Würzburg	Ab-/Zunahme (%) 1980 - 1984
	+ =>2.000 +/- = 1.000- 2.000 - =<1.000	+ =>50 % +/- = 25 % 50 % - =<25 %	+ = nah +/- = eher weit - = weit	
WÜ	+	+	+	- 6,02
KIT	+	+	+	+ 1,39
SF	+	+	+	- 3,53
MSP	+/-	+	+	+ 7,15
BK	+/-	+	+/-	-11,71
RG	+	+	-	-22,09
HAS	+	+	+/-	- 9,17
LIF	-	-	-	-20,47
BAM	+	+	+/-	- 2,50
FO	-	-	-	-66,67
NEA	+	+/-	+	- 4,54
EH	-	+/-	+/-	-15,89
RH	-	-	-	-37,28
WUG	+/-	+/-	-	-20,09
AN	-	-	-	-37,50

*) Abkürzungen siehe Tabelle 42.

Tabelle 43 stellt die Ab- bzw. Zunahme des Gelbviehs in den einzelnen Landkreisen den genannten Faktoren; Anzahl der Gelbviehkalbungen je Jahr, Anteil an allen geprüften Kühen und Entfernung des Landkreises vom Markttort Würzburg, zusammenfassend gegenüber.

5.1.2. Die Einkreuzungen anderer Rassen

Die Zahl der Kalbungen von Kreuzungstieren steigt, wie aus Tabelle 44 und 45 ersichtlich, von 10.265 Kalbungen im LKV-Prüfungsjahr 1980 um 47,4 % auf 15.130 Kalbungen 1984. Ihr Anteil an allen Kalbungen erhöht sich damit von 17,55 % (1980) auf 21,81 % (1984). Die Verteilung der Kreuzungskühe nach Vater- und Mutterrassenkodierung zeigt Tabelle 44.

Bei der Verdrängung einer Rasse ist in erster Linie der Kuhbestand von Bedeutung, so daß die Entwicklung der Kreuzungszucht vor allem in bezug auf die Mutterrasse interessiert. Der Anteil der Kalbungen von Kreuzungstieren mit Gelbvieh- oder Fleckviehkodierung an der Mutterstelle an allen Kreuzungskalbungen steigt von 76,31 % im Jahr 1980 auf 79,63 % (1984). Kreuzungen ausschließlich zwischen Gelbvieh und Fleckvieh machen 69,31 % (1980) bzw. 73,09 % (1984) aus. Die Zahl der Kreuzungen mit Gelbvieh als Mutterkodierung steigt vom LKV-Jahr 1980 mit 4.770 Kalbungen auf 6.221 im LKV-Jahr 1983 und fällt zum Jahr 1984 auf 6.085; das entspricht einer Zunahme über den Gesamtzeitraum von 27,57 %. Die Zahl der Kreuzungen mit Fleckvieh in den Mutterkodierungen steigt durchgehend von 1980 bis 1984 von 3.063 auf 5.963 also um 94,68 %. Einen genaueren Hinweis auf die Verdrängung gibt aber erst der Anteil der Rückkreuzungen (11 bzw. 44) an den Mutterkodierungen in Kreuzungen. Während er beim Gelbvieh von 11,64 % (1980) auf 15,18 % (1984) steigt, erhöht er sich beim Fleckvieh von über 46 % (1980) auf knapp 55 % im Jahr 1984 (siehe Tabelle 45). Der Anteil der Kühe mit einem Fleckviehvater an den Kreuzungen mit Gelbviehkodierung

an Mutterstelle bleibt über den Untersuchungszeitraum relativ konstant bei um die 80 %. Bei Kreuzungen mit Fleckvieh in der Mutterkodierung dagegen liegt der Anteil der Kühe mit Gelbviehvätern 1980 nur bei 44 % und fällt bis 1984 sogar unter 36 % ab. Es findet also eine Verdrängungskreuzung des Gelbviehs mit Fleckvieh statt. Die zunehmende Bedeutung dieser Verdrängungskreuzung für die Gesamtpopulation des Gelbviehs läßt sich daran erkennen, daß 1980 auf eine Kreuzungskuh mit Mutterkodierung Gelbvieh ohne Rückkreuzungen 7 Gelbviehrefzuchttiere kommen und 1984 dann nur noch 5,4. Beim Fleckvieh ist das entsprechende Verhältnis 1980 1 : 8,8 und 1984 1 : 8,2 (siehe Tabelle 45). Beim Gelbvieh verschlechtert sich also das Verhältnis Kreuzung zu Refzucht wesentlich schneller zu Ungunsten der Refzucht als beim Fleckvieh, obwohl der Anteil der Kreuzungen schon höher liegt.

Tabelle 45 ordnet das Verhältnis Kreuzung mit Gelbviehmutterkodierung zu Gelbviehrefzucht den verschiedenen fränkischen Milcherzeugerringen zu. Hier zeigt sich, daß für 1980 vor allem im Milcherzeugerring Ansbach Kreuzungszucht eine große Rolle spielt, mit einem Verhältnis von 1 : 3,75, während im Milcherzeugerring Würzburg die Refzucht noch weit überwiegt (1 : 10,18). Im Laufe des Untersuchungszeitraums verändert sich das Verhältnis zu Ungunsten der Refzucht in allen Regionen, die Differenzen zwischen den Milcherzeugerringen nehmen dabei eher ab.

Auf 7,9 als reinrassig kodierte Fleckviehkühe kommt eine Rückkreuzungskuh auf Fleckvieh. Da nach einem weiteren Rückkreuzungsschritt die entstehende R_2 -Kreuzung als reinrassiges Fleckvieh kodiert wird, ist anzunehmen, daß in der Fleckviehrefzucht ein gewisser Fremdgenanteil steckt. Wie hoch dieser Fremdgenanteil in der Fleckvieh- und Gelbviehrefzucht ist, ist nur anhand von Pedigrees abschätzbar; dies soll in Kapitel 5.3. geschehen.

Tabelle 44: Verteilung der Kreuzungen in den MLP-Jahren 1980 bis 1984 entsprechend der LKV-Kodierung: xy x = Mutterrasse, 1-9; y = Vaterasse 1-9, xx bzw. yy = Rückkreuzung.

Mutterrassen	Jahr	Vaterassen					Gesamt *)
		Fleck- vieh x1	Gelb- vieh x4	Schwarz- bunte x6	Rot- bunte x7	Jersey x9	
Fleckvieh 1y	1980	1.411	1.355	182	108	7	3.063
	1981	1.867	1.462	185	160	7	3.682
	1982	2.294	1.636	204	193	9	4.337
	1983	2.767	1.877	270	248	9	5.172
	1984	3.262	2.135	272	287	7	<u>5.963</u> 22.217
Gelbvieh 4y	1980	3.794	555	273	141	6	4.770
	1981	4.461	596	244	165	3	5.471
	1982	4.698	718	248	178	3	5.847
	1983	4.886	879	243	202	9	6.221
	1984	4.739	923	222	193	8	<u>6.085</u> 28.394
Schwarzbunte 6y	1980	732	435	121	32	7	1.327
	1981	873	444	151	34	4	1.506
	1982	1.036	477	167	39	6	1.725
	1983	1.131	507	192	51	6	1.887
	1984	1.126	491	175	52	6	<u>1.850</u> 8.295
Rotbunte 7y	1980	587	264	41	21	1	914
	1981	669	244	40	39	2	994
	1982	672	237	37	45	1	992
	1983	712	254	43	51	1	1.062
	1984	726	254	46	60	1	<u>1.087</u> 5.049

Fortsetzung Tabelle 44:

Muttrassen	Jahr	Vaterrassen					Gesamt (*)
		Fleck- vieh x1	Gelb- vieh x4	Schwarz- bunte x6	Rot- bunte x7	Jersey x9	
Jersey 9y	1980	31	59	50	16	0	156
	1981	36	55	49	14	0	154
	1982	25	53	54	13	0	145
	1983	26	42	52	16	1	137
	1984	27	31	43	14	3	118
							<u>710</u>
Gesamt (*)	1980	6.568	2.684	670	321	21	10.265
	1981	7.922	2.814	670	416	16	11.841
	1982	8.743	3.129	714	473	19	13.081
	1983	9.535	3.568	805	570	26	14.508
	1984	9.893	3.841	762	609	25	15.130
							<u>64.825</u>

*) Sonstige Rassen (152 bzw. 11) enthalten.

Tabelle 45: Vergleich der zahlenmäßigen Entwicklung der Kreuzungen mit Gelbvieh und Fleckvieh in den MLP-Jahren 1980 bis 1984 im Untersuchungsmaterial (UM)
y = Vatterasse 01 - 09

	1980	1981	1982	1983	1984	Gesamt- zeitraum
Kreuzungen insgesamt	10.265	11.841	13.081	14.508	15.130	64.825
Mutterkod. 4 (4y) n	4.770	5.471	5.847	6.221	6.085	28.394
Mutterkod. 1 (1y) n	3.063	3.682	4.337	5.172	5.963	22.217
Rückkreuzungen:						
(44) n	555	596	718	879	923	3.671
(44) in % von (4y)	11,6	10,9	12,3	14,1	15,2	12,93
(11) n	1.411	1.867	2.294	2.767	3.262	11.601
(11) in % von (1y)	46,1	50,7	52,9	53,5	54,7	52,22
(41) n	3.794	4.461	4.698	4.886	4.739	22.578
(41) in % von (4y)	79,5	81,5	80,4	78,5	77,9	79,52
(14) n	1.355	1.462	1.636	1.877	2.135	8.465
(14) in % von (1y)	44,2	39,7	37,7	36,3	35,8	38,10
Sonstige:						
(4y) n	421	414	431	456	423	2.145
in % von (4y) gesamt	8,8	7,6	7,4	7,3	7,0	7,55

Fortsetzung Tabelle 45:

	1980	1981	1982	1983	1984	Gesamt- zeitraum
Sonstige (Forts.)						
(1y) n	297	353	407	528	566	2.151
in % von (1y) gesamt	9,7	9,6	9,4	10,2	9,5	9,68
ohne Rückkreuzung (OR)						
(4yOR) n	4.215	4.875	5.129	5.342	5.162	24.723
(4yOR) : 04	7,0	5,9	5,5	5,3	5,4	5,73
(1yOR) n	1.652	1.815	2.043	2.405	2.701	10.616
(1yOR) : 01	8,8	9,1	8,9	8,4	8,2	8,61

Tabelle 46: Die Entwicklung der Populationsgröße des Gelbviehs (04) und der Kreuzungen mit Gelbvieh als Mutterrasse (44) in den MLP-Jahren 1980 bis 1984 in den verschiedenen fränkischen Regionen

		Milcherzeugerring:				
		Ansbach	Würzburg	Neustadt/ Saale	Bayreuth	Coburg
<u>1980</u>						
04		7.389	10.682	6.809	4.215	466
4y		1.969	1.049	1.051	619	82
4y : 04	1 :	3,75	10,18	6,48	6,81	5,68
<u>1981</u>						
04		7.051	10.541	6.445	4.199	451
4y		2.226	1.279	1.189	688	89
4y : 04	1 :	3,17	8,24	5,42	6,10	5,07
<u>1982</u>						
04		6.825	10.394	6.225	4.083	426
4y		2.236	1.474	1.299	743	95
4y : 04	1 :	3,05	7,05	4,79	5,50	4,48
<u>1983</u>						
04		6.692	10.757	6.079	4.130	387
4y		2.332	1.544	1.517	714	114
4y : 04	1 :	2,87	6,97	4,01	5,78	3,39
<u>1984</u>						
04		6.591	10.557	5.797	4.075	351
4y		2.131	1.583	1.498	750	123
4y : 04	1 :	3,09	6,67	3,87	5,43	2,85
Gesamtzeitraum						
Verhältnis:						
1984 - 1980		-0,66	-3,51	-2,61	-1,38	-2,83

3.2.2.3. Die Verwendung der Kälber und das Erstkalbealter

1984 werden im Untersuchungsmaterial 94,35 % der weiblichen Kälber (ohne Zwillinge) aufgestellt, das sind 0,73 % mehr als 1980. Beim Gelbvieh sind es 1980 94,41 % und 1984 95,27 %, das liegt über dem Prozentsatz der aufgestellten Kälber von Fleckvieh-reinzuchtkühen mit 93,32 % (1980) und 93,83 % (1984). 1980 werden noch weniger Kälber von Kreuzungskühen aufgestellt, von Rückkreuzungskühen auf Gelbvieh sogar nur 88,97 %. 1984 dagegen liegt der Prozentsatz der aufgestellten Kälber von Kreuzungstieren z.T. sogar über dem von Fleckviehkühen (siehe Tabelle 47). Diese Zahlen zeigen, daß eine erhöhte postnatale Mortalität oder eine Vorselektion durch vermehrten Verkauf der Kälber zur Zucht oder zum Schlachten bei der Verdrängung des Gelbviehs keine Rolle spielen, sondern dieser eher entgegenwirken.

Tabelle 47: Prozentsatz der aufgestellten weiblichen Kälber (ohne Zwillinge) bei Gelbvieh und Fleckvieh im Untersuchungsmaterial und bei deren Kreuzungen

	1980	1981	1982	1983	1984	1984 - 1980
Gesamtmaterial	93,62	94,10	94,14	94,21	94,35	+0,73
Gelbvieh (O4)	94,41	94,79	94,87	95,04	95,27	+0,89
Fleckvieh (O1)	93,32	93,45	93,61	94,00	93,83	+0,51
O4(♀) X O1(♂) (41)	92,58	93,90	94,04	93,36	94,90	+2,32
O1(♀) X /4(♂) (14)	92,46	94,35	94,39	95,20	94,61	+2,15
Rückkrz. GV (44)	88,97	89,67	93,59	93,63	93,12	+4,15
Rückkrz. FV (11)	92,42	95,22	92,71	94,60	93,61	+1,19

Inwieweit eine spätere Zuchtnutzung des Gelbviehs bei dessen Verdrängung eine Rolle spielen könnte, versucht Tabelle 48 zu klären, indem sie die Kühe von Gelb- und Fleckvieh und dem übrigen Untersuchungsmaterial, die sich 1980 bis 1984 in der ersten Laktation befinden, in drei Erstkalbealtersgruppen einteilt. Hierbei zeigt sich, daß 1980 33,77 % des Gelbviehs in der 1. Laktation unter 27 Monaten abkalben, also um knapp 7 % mehr als beim Fleckvieh; 1984 sind es mit 29,57 % noch über 4 % mehr. Der Anteil der unter 27 Monate abkalbenden Kühe im übrigen Untersuchungsmaterial, also vor allem der Schwarzbunten und der Kreuzungen, liegt im Durchschnitt mit 32,36 % noch über dem Gelbvieh. Beim Gelbvieh in der 1. Laktation ist der Anteil der Kühe, die später als mit 33 Monaten abkalben, am geringsten. Allgemein ist eine Erhöhung des Erstkalbealters zu erkennen, d.h. die Kühe kalben 1984 später ab. Auch das Erstkalbealter dürfte deshalb keine Rolle bei der Verdrängung des Gelbviehs spielen.

Tabelle 48: Verteilung der Kühe des Untersuchungsmaterials in der 1. Laktation auf verschiedene Erstkalbealtersgruppen

Jahr	EKA	Fleckvieh 01 %	Gelbvieh 04 %	Übrige %
1980	<27 Monate	26,93	33,77	33,28
	27 - 33 Monate	66,26	60,14	60,44
	≥ 34 Monate	6,81	6,09	6,28
1981	<27 Monate	29,12	33,58	33,28
	27 - 33 Monate	63,87	60,54	57,96
	≥ 34 Monate	7,01	5,87	6,44
1982	<27 Monate	25,19	30,19	31,77
	27 - 33 Monate	67,17	62,26	60,48
	≥ 34 Monate	7,65	7,55	7,76
1983	<27 Monate	24,66	29,37	30,30
	27 - 33 Monate	66,56	62,63	60,46
	≥ 34 Monate	8,77	8,00	9,23
1984	<27 Monate	25,34	29,57	30,95
	27 - 33 Monate	65,97	62,03	59,23
	≥ 34 Monate	8,69	8,40	9,82
Gesamtzeit- raum	<27 Monate	26,17	31,41	32,36
	27 - 33 Monate	65,98	61,47	51,72
	≥ 34 Monate	7,84	7,12	7,93

5.1.4. Die Abgangsrate und die Verteilung der Kühe auf Laktationsnummern

Vergleicht man die Abgangsrate des Gelbviehs, d.h. den Anteil der abgehenden Gelbviehtierte an allen Gelbviehkalbungen des Jahres, mit der des Fleckviehs und der des übrigen Untersuchungsmaterials, so erkennt man, daß die Abgangsrate des Gelbviehs erheblich über der des Gesamtuntersuchungsmaterials liegt. So liegt die Abgangsrate des Gelbviehs 1980 mit 31,67 % um 4,84 % über der des Fleckviehs und um 4,11 % über der des übrigen Untersuchungsmaterials. 1982 liegt sie mit 31,47 % noch 4,11 % über der des Fleckviehs und sogar 4,92 % über der des übrigen Untersuchungsmaterials (siehe Tabelle 49).

Untergliedert man die Abgangsrate in verschiedene Abgangsur-sachen, so zeigt sich, daß bei den Schwarzbunten, den Rotbun-ten und den Kreuzungen (übriges UM) der Abgang durch geringe Leistung eine bedeutend geringere Rolle spielt als beim Gelb-vieh und beim Fleckvieh, dafür aber relativ mehr Tiere durch Krankheit abgehen. Auffallend hoch ist beim Gelbvieh der Anteil der wegen hohen Alters abgehenden Tiere mit ca. 8 %.

Tabelle 50 untergliedert die Abgangsursache Krankheit in die 6 vom LKV aufgeführten Krankheitsgruppen und vergleicht Gelbvieh, Fleckvieh und das übrige Untersuchungsmaterial. Den größten Teil des Abgangs durch Krankheit nehmen die Fruchtbarkeits-störungen ein. 1980 machen sie beim Gelbvieh und beim Fleckvieh über 64 % aus; 1982 liegt ihr Anteil beim Gelbvieh aber deutlich unter 60 %. Auffallend hoch ist beim Gelbvieh der Anteil der Euterkrankheiten an den Erkrankungen, die zum Abgang führen, mit 17,74 % im LKV-Prüfungsjahr 1980 und sogar 22,37 % im Jahre 1982 (weitere Details siehe Tabelle 50).

Tabelle 49: Abgangsrate und Abgangsursachen des Gelbviehs (O4), des Fleckviehs (O1) und des übrigen Untersuchungsmaterials (UM) in den LKV-Prüfungsjahren 1980 bis 1982.

<u>Abgangsrate</u>	1980	1981	1982
UM: Anzahl der Abgänge	17.123	18.212	18.411
UM: Abgängein % aller Lakt. des UM	29,27	29,72	28,94
O4: Anzahl der Abgänge	9.363	9.118	8.798
O4 Abgängein % von G-O4	31,67	32,13	31,47
FV Abgängein % von G-O1	26,83	27,95	27,36
Übriges UM: Abgänge in %	26,80	27,24	26,55
<u>Anteil der Abgänge wegen Krankheit an allen Abgängen:</u>			
Gelbvieh (O4) %	52,54	52,88	52,68
Fleckvieh (O1) %	53,43	52,65	50,60
Übriges UM %	55,44	54,96	54,48
<u>Anteil der Abgänge wegen geringer Leistung an allen Abgängen:</u>			
Gelbvieh (O4) %	16,26	16,22	16,05
Fleckvieh (O1) %	15,77	15,56	16,15
Übriges UM %	14,43	14,48	14,76
<u>Anteil der Abgänge wegen hohen Alters an allen Abgängen:</u>			
Gelbvieh (O4) %	8,11	8,19	7,82
Fleckvieh (O1) %	6,43	6,38	5,57
Übriges UM %	5,99	5,64	5,39
<u>Anteil von Verkauf zur Zucht und sonstigen Gründe</u>			
Gelbvieh (O4) %	23,05	22,72	23,48
Fleckvieh (O1) %	24,36	25,41	27,68
Übriges UM %	24,14	24,92	25,36

Erklärung der Abkürzungen:

G-O4, G-O1 alle Gelbvieh- und Fleckviehtiere eines Jahres

Tabelle 50: Die Anteile der einzelnen Krankheiten an der Abgangsursache Krankheit beim Gelbvieh, beim Fleckvieh und den übrigen Rassen und Kreuzungen in den LKV-Prüfungsjahren 1980 und 1982

Art der Erkrankung	1980			1982		
	Fleck- vieh	Gelb- vieh	Übri- ges UM	Fleck- vieh	Gelb- vieh	Übri- ges UM
	01	04		01	04	
Klauen- und Glied- maßenerkrankung	13,14	12,03	10,90	14,41	12,11	10,56
Unfruchtbarkeit	64,61	64,19	61,34	60,06	59,43	59,59
Infektionskrank- heiten	0,67	0,77	0,98	0,56	0,54	0,75
Euterkrankheiten	15,36	17,74	20,82	18,24	22,37	22,69
Schlechte Melk- barkeit	4,09	3,52	3,12	3,79	3,93	2,95
Stoffwechsel- störungen	2,12	1,75	2,84	2,95	1,62	2,95
<u>Abgänge durch Krankheit insgesamt</u>	2.077	4.920	2.147	2.506	4.631	2.539

Einen Anhaltspunkt über die Nutzungsdauer einer Rasse kann die durchschnittliche Laktationsnummer geben (siehe Tabelle 51). Die durchschnittliche Laktationsnummer im Gesamtuntersuchungszeitraum liegt beim Gelbvieh bei 3,03 Laktationen, beim Fleckvieh bei 2,76 Laktationen und bei den Kreuzungen, mit Ausnahme der Kreuzungen mit Gelbvieh in der Mutterkodierung, z.T. erheblich darunter. Sie sinkt beim Gelbvieh von 3,09 Laktationen im LKV-Prüfungsjahr 1980 auf 2,93 Laktationen 1984 ab. Beim Fleckvieh liegt sie 1980 um 0,3 und 1984 um 0,2 Laktationen darunter.

Die Verteilung des Gelbviehs und des Fleckviehs auf die verschiedenen Laktationen zeigt Tabelle 52. Aus dieser Tabelle geht hervor, daß der Anteil der 1. Laktation an allen Laktationen beim Gelbvieh um etwa 3,2 % unter dem des Fleckviehs liegt. Die Verteilung auf die Laktationen wird aber nicht nur durch die längere Nutzungsdauer bestimmt, sondern vor allem auch durch die Anzahl der in die 1. Laktation ein tretenden Tiere: Ist diese gering, so wird auch der Anteil der 1. Laktation gering werden und die durchschnittliche Laktationsnummer steigen. Angesichts der hohen Abgangsrate des Gelbviehs erscheint es unwahrscheinlich, daß die höhere durchschnittliche Laktationsnummer des Gelbviehs durch längere Nutzungsdauer bedingt ist, auch wenn der Anteil der durch hohes Alter abgehenden Tiere ausgesprochen hoch ist.

Tabelle 51: Die durchschnittliche Laktationsnummer verschiedener Rassen und Kreuzungen des Untersuchungsmaterials in den LKV-Prüfungsjahren 1980 bis 1984

	1980	1981	1982	1983	1984	Gesamt- zeitraum
Gesamtmaterial	2,94	2,91	2,88	2,86	2,83	2,88
Gelbvieh (04)	3,09	3,09	3,03	2,99	2,93	3,03
Fleckvieh (01)	2,79	2,77	2,77	2,76	2,73	2,76
Schwarzbunte (06)	2,95	3,00	2,93	2,83	2,85	2,91
Rotbunte (07)	3,30	3,15	3,12	3,11	3,00	3,13
Mutter kod.4 (4y)	2,74	2,72	2,81	2,90	2,96	2,83
Mutter kod.1 (1y)	2,39	2,43	2,42	2,46	2,48	2,44
Vater GV (x4)	2,63	2,68	2,59	2,60	2,52	2,60
Vater FV (x1)	2,62	2,61	2,70	2,77	2,82	2,71

Tabelle 52: Verteilung des Gelbviehs und des Fleckviehs auf die verschiedenen Laktationen in den LKV-Prüfungsjahren 1980 bis 1984

	Laktationen							
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	≥8
<u>1980</u>								
Gelbvieh (O4) n	8.606	6.326	4.754	3.146	2.437	1.684	1.201	1.401
O4 % aller Lakt.	29,1	21,4	16,1	10,6	8,2	5,7	4,1	4,8
O1 % aller Lakt.	32,9	23,1	16,2	10,2	7,3	4,6	2,8	3,0
<u>1981</u>								
O4 n	8.166	6.220	4.671	3.368	2.226	1.583	1.081	1.372
O4 % aller Lakt.	28,5	21,7	16,3	11,7	7,8	5,2	3,8	4,8
O1 % aller Lakt.	32,6	23,4	16,2	11,0	6,8	4,4	2,6	2,9
<u>1982</u>								
O4 n	8.284	6.006	4.493	3.257	2.220	1.445	948	1.300
O4 % aller Lakt.	29,6	21,5	16,1	11,7	7,9	5,2	3,4	4,7
O1 % aller Lakt.	32,0	23,5	16,5	11,2	7,3	4,1	2,7	2,7
<u>1983</u>								
O4 n	8.466	6.061	4.543	3.259	2.242	1.423	891	1.160
O4 % aller Lakt.	30,2	21,6	16,2	11,6	8,0	5,1	3,2	4,1
O1 % aller Lakt.	33,3	22,4	16,4	11,2	7,3	4,4	2,5	2,6

Fortsetzung Tabelle 52:

	Laktationen							
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	>8
1984								
O4 n	8.398	6.111	4.366	3.163	2.097	1.378	842	1.016
O4 % aller Lakt.	30,7	22,3	16,0	11,6	7,7	5,0	3,1	3,7
O1 % aller Lakt.	33,4	23,3	15,8	11,0	7,0	4,5	2,5	2,5
Gesamtzeitraum								
O4 n	41.920	30.714	22.827	16.193	11.222	7.513	4.963	6.255
O4 % aller Lakt.	29,6	21,7	16,1	11,4	7,9	5,3	3,5	4,4
O1 n	30.060	21.145	14.825	10.004	6.518	4.040	2.362	2.500
O1 % aller Lakt.	32,8	23,1	16,1	10,9	7,1	4,4	2,6	2,7
Diff. O4% - UM%	-1,6	-0,8	-0,2	+0,2	+0,4	+0,5	+0,5	+1,0
Diff. O1% - UM%	+1,7	+0,6	-0,1	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,7

Obwohl fast alle weiblichen Gelbviehkälber aufgestellt werden, dürften im Vergleich zum Fleckvieh weniger Tiere zur Zucht und zur Milcherzeugung aufgestellt werden. Es ist anzunehmen, daß häufig bei Gelbviehkalbinnen nur von ihrer Mastleistung (Kalbinnenmast) Nutzen gezogen wird. Vergleicht man den Anteil der abgehenden Tiere eines Jahres mit dem Anteil der Tiere in der 1. Laktation, also der neu hinzukommenden Tiere, so ergibt sich im Durchschnitt der Jahre 1980 bis 1982 beim Gelbvieh eine Diskrepanz von -2,7 % und beim Fleckvieh ein Überschuß von 5,12 %. Dieses Ergebnis entspricht beim Gelbvieh exakt der durchschnittlichen Abnahme der Population von 1980 bis 1982. Beim Fleckvieh reicht es nicht aus, um die durchschnittliche Zunahme der Population in diesem Zeitraum um 12,49 % zu erklären.

5.1.5. Die Fluktuation der MLP-Betriebe

Die 320.729 untersuchten Laktationen bzw. Kalbungen werden in 4.533 verschiedenen Betrieben erbracht. Davon sind 3.597 Betriebe durchgehend über den ganzen Untersuchungszeitraum vom LKV-Prüfungsjahr 1980 bis 1984 mit Tieren vertreten (= permanente Betriebe). 936 Betriebe = 20,65 % sind nicht durchgehend mit Tieren vertreten. Davon schließen sich 480 Betriebe in den Jahren 1981, 1982, 1983 oder 1984 der Milchleistungsprüfung neu an; sie sind 1980 nicht mit Tieren vertreten. 419 Betriebe scheiden in den Jahren 1980, 1981, 1982 oder 1983 aus der MLP aus, d.h. sie sind 1984 nicht mit Tieren vertreten. 37 Betriebe sind nur zwischenzeitlich unter MLP, also 1980 und 1984 nicht mit Tieren vertreten.

Eine relative Verdrängung durch MLP-Fluktuation kann nun eintreten, wenn der Gelbviehherdenanteil in den abgehenden Betrieben höher ist als in den zugehenden Betrieben. Ein direkter Vergleich zwischen zu- und abgehenden Betrieben in be-

Tabelle 52: Vergleich der Gelbviehpopulationsentwicklung in den Betrieben, die 1980 - 1984 durchgehend mit Tieren vertreten waren (permanente Betriebe), mit der in den in diesem Zeitraum zugehenden bzw. abgehenden Betrieben

Jahr:	1980	1981	1982	1983	1984	
permanente Betriebe	3.597	3.597	3.597	3.597	3.597	
Laktationen	54.327	57.294	58.850	61.431	62.676	
% Gelbvieh-Lakt. (O4).	50,0	46,7	44,2	41,9	40,1	
		126	126	126	126	zugehende Betr. 1981
		1.258	1.941	2.149	2.174	Lakt. ges.
		500	742	725	670	O4-Lakt.
		<u>39,8</u>	38,2	33,7	30,8	% O4-Lakt.
			110	110	110	zugehende Betr. 1982
			1.072	1.779	1.880	Lakt. ges.
			347	593	595	O4-Lakt.
			<u>32,4</u>	33,3	31,7	% O4-Lakt.
abgehende Betr. 1980:	125			135	135	zugehende Betr. 1983
Lakt. ges.	950			1.523	1.960	Lakt. ges.
O4-Lakt.	582			644	739	O4-Lakt.
% O4-Lakt.	<u>61,3</u>			<u>42,3</u>	37,7	% O4-Lakt.
abgehende Betr. 1981:	115	115			109	zugehende Betr. 1984
Lakt. ges.	1.224	727			778	Lakt. ges.
O4-Lakt.	707	413			209	O4-Lakt.
% O4-Lakt.	57,8	<u>56,8</u>			<u>26,9</u>	% O4-Lakt.
abgehende Betr. 1982:	96	96	96			
Lakt. ges.	982	928	640			
O4-Lakt.	566	514	329			
% O4-Lakt.	57,6	55,4	<u>51,4</u>			
abgehende Betr. 1983:	83	83	83	83		
Lakt. ges.	924	934	928	591		
O4-Lakt.	470	446	411	258		

zug auf den Gelbviehanteil ist nur in den LKV-Prüfungsjahren 1981 bis 1983 möglich. Im Jahr 1980 ist ein Vergleich der abgehenden Betriebe mit den permanenten Betrieben und 1984 der zugehenden Betriebe mit den permanenten Betrieben möglich (siehe Tabelle 53).

Tatsächlich zeigt sich 1981 und 1982 eine starke Diskrepanz im Gelbviehherdenanteil zwischen zu- und abgehenden Betrieben, so daß mit 39,75 % Gelbviehanteil in den zugehenden Betrieben dieser um 17,06 % unter dem der abgehenden Betriebe liegt, 1982 mit 32,37 % sogar um 19,04 %. Eine Ausnahme bildet das Jahr 1983 mit einer Differenz von nur 1,37 %; es zeigt sich, daß 1983 das einzige Jahr ist, in dem die absolute Zahl der Gelbviehtiere ansteigt (siehe Tabelle 41). 1980 und 1984 zeigen ebenfalls starke Diskrepanzen zu Ungunsten des Gelbviehs. Der Gelbviehanteil der abgehenden Betriebe liegt 1980 um 11,22 % über dem der permanenten Betriebe, und 1984 liegt der Gelbviehanteil der zugehenden Betriebe 13,20 % unter dem der permanenten Betriebe.

Noch deutlicher zeigt sich die Situation, wenn man die absolute Bilanz betrachtet, d. h. zugehende Tiere minus abgehende Tiere: 1981 stehen durch die Differenz zugehende minus abgehende Betriebe 531 Tiere mehr unter MLP, davon sind nur 87 Gelbviehreinzungstiere, das sind 16,38 %; 1982 sind 432 Tiere mehr unter MLP, davon sind 18 Gelbviehtiere, das entspricht lediglich 4,17 %! 1983 nimmt das Gelbvieh mit 386 Tieren mehr unter MLP, aber immerhin 41,42 % des Zuwachses ein. Es zeigt sich also, daß für die relative Verdrängung des Gelbviehs die MLP-Fluktuation eine ganz erhebliche Rolle spielt.

5.1.6. Die Herdengröße

Um einen Überblick über die Verteilung des Gelbviehs auf die verschiedenen Betriebsgrößen und deren Veränderung im Untersuchungszeitraum zu ermitteln, wurden alle Betriebe des Untersuchungsmaterials jedes Jahr neu in 4 Herdengrößenklassen eingeteilt:

1. 1 - 9 Kühe/Betrieb = HK. I
2. 10 - 19 Kühe/Betrieb = HK. II
3. 20 - 29 Kühe/Betrieb = HK. III
4. 30 und mehr Kühe/Betrieb = HK. IV.

In Tabelle 54 wird dann der Gelbviehanteil am Untersuchungsmaterial in den verschiedenen Herdengrößenklassen von 1980 und 1984 verglichen. 1980 haben noch knapp 80 % der Betriebe unter 20 Kalbungen im Jahr, 1984 sind es nur noch 68 %, wobei sich die Anzahl der Betriebe mit mehr als 30 Kühen mehr als verdoppelt hat. Das Gelbvieh ist dabei in den beiden unteren Herdengrößenklassen überproportional vertreten, während es in den beiden oberen unterrepräsentiert ist: Der Anteil der Gelbviehkalbungen am Untersuchungsmaterial fällt im Jahr 1980 von 67,64 % in HK. I ab bis auf 30,24 % in HK. IV. In den fünf Untersuchungsjahren fällt der Anteil des Gelbviehs am Gesamtuntersuchungsmaterial in allen 4 Herdengrößenklassen ab. Auch das Gelbvieh nimmt an der allgemein feststellbaren Zunahme der Herdengrößen teil, so standen 1984 über 42 % der Tiere in Betrieben mit 20 und mehr Kühen, das sind 13 % mehr als 1980.

Um die Entwicklung der Gelbviehpopulation innerhalb von Betrieben unterschiedlicher Größe genauer zu betrachten, wurden die von 1980 an permanent unter Milchleistung stehenden Betriebe nach ihrer Herdengröße im LKV-Prüfungsjahr 1981 (um den Einfluß der 1980 zugehenden Betriebe auszuschalten) in die 4 genannten Herdengrößenklassen eingeteilt. Tabelle 55 beschreibt die Gelbviehpopulationsentwicklung in diesen Betrie-

Tabelle 54: Die Entwicklung der Gelbviehpopulation in den LKV-Prüfungsjahren 1980 bis 1984 in verschiedenen Herdengrößenklassen

Herdengrößenklassen	1980	1984	abs. Veränderung n	rel. Veränderung %
<u>1 - 9 Kühe = HK. I</u>				
Betriebe	1.088	853	- 235	-21,60
Gelbvieh (O4)	4.937	3.161	-1.776	-35,97
Nicht-Gelbvieh	2.362	2.476	+ 114	+ 4,83
Anteil O4 am UM	67,64	56,08	-11,56	
Anteil O4 an G-O4 ^{*)}	16,70	11,55	- 5,15	
<u>10 - 19 Kühe = HK II</u>				
Betriebe	2.102	1.928	- 174	- 8,28
O4	15.991	12.647	-3.344	-20,91
Nicht-O4	13.266	14.897	+1.631	+12,29
Anteil O4 am UM	54,66	45,92	- 8,74	
Anteil O4 an G-O4	54,09	46,21	- 7,88	
<u>20 - 29 Kühe = HK. III</u>				
Betriebe	636	902	+ 266	+41,82
O4	6.469	7.808	+1.339	+20,70
Nicht-O4	8.318	13.411	+5.093	+61,23
Anteil O4 am UM	43,75	36,80	- 6,95	
Anteil O4 an G-O4	21,88	28,53	+ 6,65	
<u>30 und mehr Kühe = HK. IV</u>				
Betriebe	200	408	+ 208	+104,0
O4	2.164	3.755	+1.591	+73,52
Nicht-O4	4.993	11.480	+6.487	+129,92
Anteil O4 am UM	30,24	24,65	- 5,59	
Anteil O4 an G-O4	7,32	13,72	+ 6,40	

Fortsetzung Tabelle 54:

Herdengrößenklassen	1980	1984	abs. Veränderung n	rel. Veränderung %
<u>HK. I - VI</u>				
Betriebe	4.026	4.091	+ 65	+ 1,61
O4	29.561	27.371	-2.190	- 7,41
Nicht-O4	28.939	42.264	+13.325	+46,05
Anteil O4 am UM	50,53	39,31	-11,22	
O4/Betrieb	7,34	6,71	- 0,63	
Nicht-O4/Betrieb	7,19	10,36	+ 3,17	
Ø Betriebsgröße	14,53	17,07	+ 2,54	

*) G-O4 = Gesamtzahl der Gelbviehtierte eines Jahres

ben zwischen 1981 und 1984: Hierbei zeigt sich, daß die absolute Anzahl der Gelbviehtierte in der HK. I praktisch konstant bleibt und in den übrigen Herdengrößenklassen deutlich abnimmt, in HK. IV sogar um über 17 %. Trotzdem sinkt der Anteil des Gelbviehs am Gesamtbestand in den kleineren Betrieben schneller ab als in den größeren. Diese Trennung von absoluter und relativer Verdrängung findet ihre Ursache einmal darin, daß die relative Zunahme der Betriebsgröße in den unteren Herdengrößenklassen größer ist und damit die absolute Abnahme des Gelbviehs abgedämpft wird.

Tabelle 55: Die Entwicklung der Gelbviehpopulation in den LKV-Prüfungsjahren 1981 bis 1984, in verschiedenen Herdengrößenklassen im Jahr 1981 (nur Betriebe, die durchgehend von 1980 bis 1984 unter MLP standen)

Herdengrößenklassen	1981	1984	abs. Veränderung n	rel. %
<u>1 - 9 Kühe = HK. I</u> (755 Betriebe)				
Kühe gesamt n	5.359	6.145	+ 785	+14,67
O4 n	3.507	3.518	+ 11	+ 0,31
O4 %	65,44	57,25	- 8,19	
Anteil am G-O4	13,11	14,01		
<u>10 -19 Kühe = HK. II</u> (1.887 Betriebe)				
Kühe gesamt n	26.566	29.364	+2.798	+10,54
O4 n	13.983	13.232	- 751	- 5,37
O4 %	52,63	45,06	- 7,57	
Anteil am G-O4	52,28	52,71		
<u>20 - 29 Kühe = HK. III</u> (728 Betriebe)				
Kühe gesamt n	17.014	18.470	+1.456	+ 8,56
O4 n	7.055	6.535	- 520	- 7,37
O4 %	41,47	35,38	- 6,09	
Anteil am G-O4	26,38	26,03		
<u>30 und mehr Kühe = HK. IV</u> (227 Betriebe)				
Kühe gesamt n	8.355	8.697	+ 342	+ 4,09
O4 n	2.200	1.820	- 380	-17,27
O4 %	26,33	20,93	- 5,40	
Anteil am G-O4	8,23	7,25		

Fortsetzung Tabelle 55:

Herdengrößenklassen	1981	1984	abs. Veränderung n	rel. Veränderung %
<u>Alle Betriebe</u> (3.597 Betriebe)				
Kühe gesamt n	57.294	62.676	+5.382	+ 9,39
O4 n	26.745	25.105	-1.640	- 6,13
O4 %	46,68	40,06	- 6,62	
Ø Betriebsgröße	15,93	17,42		

G-O4 = Gesamtzahl der Gelbviehtiere eines Jahres

5.1.7. Der Gelbviehherdenanteil und die Betriebsaufstockung

Zur Bestimmung des Einflusses des Anteils von Gelbvieh an der Herde auf die Verdrängung des Gelbviehs wurden die Betriebe, die von 1980 bis 1984 permanent der MLP angeschlossen waren, in 4 Gelbviehherdenanteilsklassen eingeteilt:

1. GAk1 = 0 - 25 % Gelbvieh
2. GAk2 = 25 - 50 % Gelbvieh
3. GAk3 = 50 - 75 % Gelbvieh
4. GAk4 = 75 - 100 % Gelbvieh.

Dann wurde zum einen die Entwicklung bis 1984 in den 1980 eingeteilten Betrieben dargestellt, zum anderen die Situation 1984 betrachtet. Hierzu wurden die Betriebe 1984 neu eingeteilt (siehe Tabelle 56). Tabelle 56 zeigt, daß die Zahl der Gelbviehtiere in Betrieben mit geringem Gelbviehherdenanteil deutlich schneller abnimmt als in Betrieben mit hohem Anteil. Da die Betriebe mit geringem Gelbviehherdenanteil aber auch die größeren Herden sind, lassen sich die Einflußfaktoren Betriebs-

Tabelle 56: Die Entwicklung der Gelbviehpopulation in den LKV-Prüfungsjahren 1980 bis 1984 in verschiedenen Gelbviehherdenanteilsklassen (ohne zu- und abgehende Betriebe)

Gelbviehherdenanteil	1980	1984	relative Veränderung	Situation 1984
<u>0 - <25 % = GAk1</u>				
Betriebe	1.018	1.018		1.383
Kühe	18.475	21.751	+ 17,73	28.297
O4-Kühe	1.276	852	- 33,23	1.537
Kühe/Betrieb	18,15	21,37	+ 3,22	20,46
Anteil am G-O4	4,69	3,39		6,04
<u>25 - <50 % = GAk2</u>				
Betriebe	500	500		535
Kühe	7.670	8.889	+ 15,89	9.122
O4-Kühe	2.793	2.032	- 27,25	3.288
Kühe/Betrieb	15,34	17,78	+ 2,44	17,05
Anteil am G-O4	10,27	8,09		13,10
<u>50 - <75 % = GAk3</u>				
Betriebe	651	651		580
Kühe	9.504	10.876	+ 14,44	9.321
O4-Kühe	5.888	5.042	- 14,37	5.717
Kühe/Betrieb	14,60	16,71	+ 2,11	16,07
Anteil am G-O4	21,66	20,08		22,77
<u>75 - 100 % = GAk4</u>				
Betriebe	1.428	1.428		1.099
Kühe	18.678	21.160	+ 13,29	15.936
O4-Kühe	17.230	17.179	- 0,30	14.563
Kühe/Betrieb	13,08	14,82	+ 1,74	14,50
Anteil am G-O4	63,38	68,43		58,01

größe und Gelbviehherdenanteil schwer in ihrem Einfluß auf die Gelbviehpopulation voneinander trennen. In Tabelle 55 zeigt sich, daß die kleineren Herden die größten Zunahmen der Gesamt-tierzahl haben; in Tabelle 56 haben aber die größeren Betriebe die höheren Zuwachsraten. Gemeinsam ist beiden, daß in den Herden mit der größten Aufstockungsgeschwindigkeit die relative Verdrängung des Gelbviehs am höchsten ist. In Tabelle 55 und 56 zeigt sich also, daß die Aufstockung innerhalb der Betriebe fast völlig am Gelbvieh vorbeiläuft: Betriebe mit hohem Gelbviehanteil erhöhen ihre Tierzahl weniger und das auch zu Ungunsten des Gelbviehs; je schneller die Betriebsvergrößerung voranschreitet, desto stärker wird die Diskrepanz der Populationsentwicklung von Gelbvieh und der übrigen Population. Betrachtet man die Verteilung des Gelbviehs auf die Herdenanteilklassen im LKV-Prüfungsjahr 1984, so erkennt man, daß nur noch 58 % des Gelbviehs in Gak4 und 75 % Gelbvieh fallen, das sind 5 % weniger als 1980. Vor allem der Anteil der Gak2 (25 - 50 % Gelbvieh) hat stark zugenommen. Diese Umverteilung des Gelbviehs auf Herden mit niedrigerem Gelbviehherdenanteil kann für die Zuchtwertschätzung nicht unerhebliche Folgen haben, da sich damit dann oft (abhängig vom Anteil der Kreuzungen) die Betriebsrasse ändert, die am Ende jeden Prüfungsjahres neu festgelegt wird (LKV, 1982).

5.2. Vergleich der Milchleistung von Gelbvieh und Fleckvieh in der Reinzucht und in Kreuzungen

Tabelle 58 und 59 geben unkorrigierte Laktationsleistungen (mindestens 270-Tage) der Milchleistungsmerkmale Milch-kg, Fett-% und Eiweiß-% von Gelbvieh (04) und Fleckvieh (01) sowie von Kreuzungen mit diesen Rassen wieder. Bei den Kreuzungen wird Gelbvieh und Fleckvieh als Vatterrasse bzw. als Mutterrasse verglichen, d.h. es werden Leistungen von Kreuzungen verglichen, die Gelbvieh- (4) oder Fleckviehkodierung (1) in

der Vaterstelle bzw. Mutterstelle der Rassenkodierung haben. Aus welchen Kreuzungen sich diese 4 Gruppen zusammensetzen, ist aus Tabelle 44 zu ersehen. In Tabelle 45 sind für Gelb- und Fleckvieh als Mutterrasse die prozentualen Anteile errechnet. Von Bedeutung ist, daß der Anteil der Rückkreuzungen (11) bei Kreuzungen mit Fleckviehkodierung an der Mutterstelle im Durchschnitt über 59 % liegt, beim Gelbvieh aber unter 13 %. Kreuzungen mit anderen Vaterassen neben Gelb- oder Fleckvieh spielen hierbei mit einem Anteil von unter 10 % eine geringere Rolle (siehe Tabelle 45).

Die Anteile von 11, 44, 14, 41 und sonstige an den Kreuzungen mit Gelbvieh- oder Fleckviehkodierung an der Vaterstelle zeigt Tabelle 57; Details sind wieder aus Tabelle 44 zu ersehen.

Tabelle 57: Zusammensetzung der Kreuzungen mit Gelbvieh- oder Fleckviehkodierung an der Vaterstelle

Vaterasse	Kreuzungs- kodierung	prozentualer Anteil		
		1980	1982	1984
Gelbvieh = x4	44	20,68	22,95	24,03
	14	50,48	52,29	55,58
	sonstige	28,84	24,76	20,39
Fleckvieh = x1	11	21,48	26,24	32,97
	41	57,76	53,73	47,90
	sonstige	20,76	20,03	19,13

Die Verteilung innerhalb der Gruppe mit Fleck- bzw. Gelbvieh als Vaterasse ist nicht so unterschiedlich wie bei Gelb- und Fleckvieh als Mutterrasse. 14- bzw. 41-Kreuzungen liegen bei beiden Vaterassen im Durchschnitt etwas über 50 %. Auffallend hoch ist der Anteil der Kreuzungen von Gelbviehbullen mit anderen Rassen neben Fleckvieh, der allerdings bis 1984 deut-

lich abfällt. Die Rückkreuzungen auf Fleckvieh nehmen im Laufe der 5 Prüfungsjahre einen immer größeren Teil der Kreuzungen mit Fleckvieh als Vatterrasse ein.

Während Tabelle 58 den Leistungsdurchschnitt des Gesamtuntersuchungszeitraums in die 5 Untersuchungsjahre untergliedert (wobei 1984 unvollständig ist), also die Leistungsentwicklung vergleicht, stellt Tabelle 59 die Leistungsunterschiede zwischen den genannten Gruppen nach Laktationen getrennt dar. Die Durchschnittsleistung von Gelbvieh (04) über alle Laktationen und über den Gesamtuntersuchungszeitraum liegt bei 4.344 kg Milch, beim Fleckvieh (01) bei 4.687 kg Milch; daraus ergibt sich eine Differenz von 343 kg Milch. In den Untersuchungsjahren schwankt diese Leistungsdifferenz zwischen 308 und 365 kg, zwischen den Laktationen zwischen 321 kg (2. Laktation) und 423 kg (5. Laktation). Es zeigt sich eine scheinbare Diskrepanz zwischen der Durchschnittsdifferenz Gelbvieh - Fleckvieh und den Differenzen zwischen diesen Rassen in den einzelnen Laktationen (nur die 2. Laktation liegt unter dem Durchschnitt). Die Erklärung hierfür ist die günstigere Verteilung des Gelbviehs auf die Laktationen, d.h. mehr Tiere befinden sich beim Gelbvieh in höheren Laktationen (siehe hierzu auch Tabelle 52). Beim Gelbvieh und beim Fleckvieh steigt die Milchleistung bis 1983 an und fällt dann unter den Stand von 1982 ab. Der Abfall der Milchleistung im Jahr 1984 findet seine Erklärung in der Einführung der Milchquotenregelung und der ersten Reaktion der Landwirte, die die Kraftfuttermengen senkten. Beide Rassen zeigen eine steigende Leistung bis zur 4. Laktation, die dann langsamer wieder abfällt. Die Unterschiede zwischen Gelb- und Fleckvieh bleiben in den Jahren 1980 bis 1982 relativ konstant bei ca. 315 kg Milch, steigen dann 1983 relativ stark an und fallen 1984 wieder leicht ab. Die Unterschiede in den einzelnen Laktationen zeigen eine unregelmäßig steigende Tendenz bis zur 5. Laktation und fallen dann ebenfalls wieder ab.

Im Durchschnitt des Gesamtuntersuchungszeitraums ist die Reihenfolge der 6 Gruppen nach steigender Leistung geordnet wie folgt:

Gelbvieh - Vatterrasse Gelbvieh - Mutterrasse Gelbvieh - Mutterrasse Fleckvieh - Vatterrasse Fleckvieh - Fleckvieh.

Hierbei sind die Unterschiede zwischen Vater- und Mutterrasse Fleckvieh gering. Diese Rangfolge wird in den einzelnen Jahren bis auf 2 Ausnahmen immer gefunden. Bei der Gruppierung nach Laktationen liegt die Milchleistung der Mutterrasse Fleckvieh meist über der der Vatterrasse Fleckvieh.

Die Erklärung der Leistungsunterschiede zwischen den 4 Kreuzungsgruppen mit verschiedenen Elternrassen ist wegen der unterschiedlichen Verteilung auf die Laktationen und wegen der verschiedenen genetischen Zusammensetzung der Gruppen schwierig. Da die Zahl der Reinzuchttöchter die Zahl der Kreuzungstöchter in der Regel um ein Vielfaches übertrifft, ist es möglich, die Rassenleistung nur nach der Rassenkodierung an Vaterstelle zu schätzen, ohne nach Reinzucht und Kreuzung zu differenzieren. Beim Gelbvieh wird trotz der hohen Leistungsdifferenz der Gruppen Gelbviehväter in Kreuzungen und Gelbviehrefinzucht im vorliegenden Material die Rassenleistung nur um 6 kg Milch überschätzt.

Bei den Milchleistungsmerkmalen Fettgehalt und Eiweißgehalt ist das Gelbvieh dem vergleichbaren Fleckvieh um im Durchschnitt 0,05 bzw. 0,04 % überlegen. Während die Differenz im Eiweißgehalt über die Jahre und die Laktationen relativ konstant um 0,04 % liegt, ist beim Fettgehalt über die Jahre und die Laktationen eine abnehmende Differenz zu verzeichnen.

Die Unterschiede zwischen Gelb- und Fleckvieh gruppiert nach Mutterrasse in Kreuzungen ist praktisch gleich 0. In den Vatterrassegruppen in Kreuzungen liegen die Unterschiede mit 0,04 % Fett und 0,03 % Eiweiß mehr bei Gelbviehvätern, etwas unter den Unterschieden in der Reinzucht.

Tabelle 58: Vergleich der Leistungsentwicklung von Gelbvieh und Fleckvieh als Reinzucht und als Vaterasse bzw. Mutterasse in Kreuzungen in den LKV-Prüfungsjahren 1980 bis 1984 für Milch-kg, Fett-% und Eiweiß-%, x = Mutterkod. 1 - 9, y = Vaterkod. 1 - 9

	J a h r					Gesamtmaterial
	1980	1981	1982	1983	1984	
Zahl der Laktationen über 270 Tage						
Gelbvieh O4	20.293	19.619	19.375	19.270	3.553	82.110
Fleckvieh O1	10.532	12.005	13.237	14.598	2.839	53.211
Mutterkod.: 4 = 4y	3.453	3.949	4.230	4.402	811	16.845
Mutterkod.: 1 = 1y	2.280	2.693	3.222	3.819	794	12.808
Vater O4 = x4	1.884	1.955	2.226	2.479	485	9.029
Vater O1 = x1	4.834	5.777	6.416	6.890	1.340	25.257
Milch-kg						
O4	4.278	4.294	4.382	4.427	4.342	4.344
O1	4.596	4.602	4.724	4.790	4.690	4.687
O4 - O1	- 318	- 308	- 316	- 365	- 348	- 343
4y	4.489	4.468	4.550	4.620	4.514	4.535
1y	4.488	4.500	4.595	4.684	4.604	4.583
4y - 1y	+ 1	- 32	- 45	- 64	- 90	- 48
x4	4.338	4.370	4.446	4.505	4.451	4.424
x1	4.548	4.525	4.625	4.711	4.594	4.609
x4 - x1	- 210	- 155	- 179	- 207	- 143	- 185

Tabelle 59: Vergleich von Milchleistungsmerkmalen in verschiedenen Laktationen zwischen Gelbvieh und Fleckvieh als Reinzucht und als Vaterasse bzw. Mutterasse in Kreuzungen (x, y siehe Tabelle 58).

Zahl der Laktationen über 270 Tage	L a k t a t i o n							
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	≥ 8
Gelbvieh O4	25.534	18.084	13.380	9.161	6.216	4.094	2.650	2.991
Fleckvieh O1	18.255	12.278	8.782	5.747	3.598	2.151	1.190	1.210
Mutterkod. 4 = 4y	5.519	3.901	2.805	1.878	1.247	718	397	380
Mutterkod. 1 = 1y	5.096	3.236	2.002	1.165	664	345	156	144
Vater O4 = x4	3.384	2.180	1.387	894	541	294	164	185
Vater O1 = x1	8.793	6.033	4.187	2.625	1.724	960	512	423
Milch-kg								
O4	3.876	4.416	4.634	4.693	4.652	4.606	4.546	4.359
O1	4.230	4.737	5.033	5.083	5.075	5.019	4.922	4.720
O4 - O1	- 354	- 321	- 399	- 390	- 423	- 413	- 376	- 361
4y	4.044	4.588	4.882	4.927	4.902	4.861	4.766	4.556
1y	4.152	4.675	4.989	5.051	5.127	4.952	4.872	4.638
4y - 1y	- 108	- 87	- 107	- 124	- 225	- 91	- 106	- 82
x4	3.998	4.526	4.801	4.818	4.831	4.668	4.610	4.527
x1	4.152	4.660	4.961	5.018	5.021	4.957	4.829	4.637
x4 - x1	- 154	- 134	- 160	- 200	- 190	- 289	- 219	- 110

Fortsetzung Tabelle 59:

	Laktation						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Fett-%							
O4	3,96	3,98	3,96	3,94	3,91	3,88	3,87
O4 - O1	+0,07	+0,05	+0,03	+0,02	+0,01	+0,01	+0,03
4Y	3,91	3,93	3,92	3,92	3,88	3,86	3,81
4Y - 1Y	+/- 0	-0,01	-0,01	+/- 0	-0,03	+0,02	+/- 0
x4	3,94	3,96	3,95	3,94	3,91	3,84	3,88
x4 - x1	+0,05	+0,04	+0,04	+0,03	+0,03	-0,01	+0,08
Eiweiß-%							
O4	3,47	3,51	3,47	3,45	3,44	3,43	3,42
O4 - O1	+0,05	+0,04	+0,04	+0,04	+0,03	+0,03	+0,04
4Y	3,42	3,47	3,42	3,41	3,39	3,39	3,38
4Y - 1Y	+0,01	+0,01	+/- 0	+0,01	-0,01	+/- 0	+/- 0
x4	3,44	3,47	3,43	3,41	3,40	3,41	3,41
x4 - x1	+0,04	+0,01	+0,02	+0,01	+0,02	+0,03	+0,05

5.3. Schätzung der Genanteile von Gelbvieh und Fleckvieh in den LKV-Rassenkodierungen

Nachdem das Gelbvieh und die Einflußfaktoren auf seine Verdrängung beschrieben wurden, wobei unter Gelbvieh die LKV-Rassenkodierung 04 verstanden wurde, soll im folgenden die genetische Zusammensetzung hinter den LKV-Rassenkodierungen von Gelb- und Fleckvieh (des Untersuchungsmaterials) und den Kreuzungskodierungen zwischen diesen Rassen näher untersucht werden. Hierzu wurden entsprechend der in Kapitel 4.1. erläuterten Richtlinien für die 320.729 Kalbungen im Gesamtuntersuchungszeitraum die Pedigrees der abkalbenden Kühe bestimmt und nach verschiedenen Gesichtspunkten geordnet. Die daraus resultierende Grobeinteilung des Untersuchungsmaterials zeigt Tabelle 60. Die Gliederung der Pedigrees nach Vater- oder Mutter- oder beide bekannt bzw. unbekannt (= 00) für die verschiedenen Rassen und Kreuzungsgruppen und Jahre ist aus Tabelle 61 zu ersehen.

Wie aus Tabelle 60 hervorgeht, sind bei etwa 20 % der abkalbenden Kühe Vater und Mutter unbekannt und bei insgesamt etwa 30 % mindestens ein Elternteil unbekannt. Weitere 7 % sind nicht mit der geforderten Genauigkeit einer Kreuzungsgruppe zuzuordnen, so daß für die weiteren Auswertungen noch etwa 63 % des ursprünglichen Materials zur Verfügung stehen. Tabelle 61 zeigt, daß es stark rassenabhängig ist, ob Vater oder Mutter bekannt ist, wobei das Gelbvieh am besten abschneidet; das liegt aber zum Großteil daran, daß die Betriebe nach dem Vorhandensein einer Gelbviehkodierung ausgewählt wurden und besonders Schwarzbunt- oder Rotbunttiere wohl oft Zukauftiere "ohne Abstammung" sind.

Weiter geht aus Tabelle 61 hervor, daß die Abstammung der Kreuzungen sehr gut dokumentiert ist und daß im Laufe des Untersuchungszeitraums der Anteil der Tiere mit bekannten Eltern deutlich zunimmt. Er steigt beim Fleckvieh schneller

Tabelle 60: Gliederung des Untersuchungsmaterials nach Eltern bekannt bzw. unbekannt und nach Kreuzungsgruppen

Gliederung	absolute Zahl der Kalbungen	Anteil am UM %
Vater und Mutter unbekannt	65.756	20,50
Vater unbekannt	24.912	7,77
Mutter unbekannt	5.429	1,69
Summe	96.097	29,96
Vater und Mutter bekannt		
Keiner Kreuzungsgruppe zuordnenbar (z.B. 3-Rassenkreuzung oder Beginn mit Kreuzungskodierung)	15.894	4,96
vor der letzten unbekannten Stelle andere Kodierung als Reinzucht der 1. Mutter	7.237	2,26
Summe	23.131	7,22
Eindeutig einer Kreuzungsgruppe zu- ordnenbar und ab 1. bekannter Ge- neration nur Reinzucht oder OO im vorherigen Pedigree	201.501	62,83
Reinzucht:		
Gelbvieh	102.156	31,85
Fleckvieh	47.768	14,89
Schwarzbunte	5.276	1,65
Sonstige	739	0,23
Summe	155.939	48,62

Fortsetzung Tabelle 60:

Gliederung	absolute Zahl der Kalbungen	Anteil am UM %
F ₁ Gelbvieh X Fleckvieh	16.765	5,23
F ₁ sonstige	8.850	2,76
Summe	25.615	7,99
R ₁ GV und R ₁ FV	9.876	3,08
R ₁ sonstige	3.978	1,24
Summe	13.854	4,32
R ₂ alle + W ₂ alle	4.946	1,56
R ₃ + R _{1/2} + R _{2/1} + W ₂ alle	1.147	0,36
Summe	6.093	1,92

als beim Gelbvieh, liegt aber 1984 immer noch mehr als 10 % darunter. Die Zahl der unbekannten Väter ändert sich dabei aber kaum und liegt bei beiden Rassen im LKV-Prüfungsjahr 1984 bei etwa 6,5 %.

Tabelle 62 ordnet die Reinzucht Gelbvieh und Fleckvieh sowie die Kreuzungen zwischen diesen Rassen den nach reziproken Kreuzungen getrennten Kreuzungsgruppen zu und trennt sie zudem nach der Länge des Pedigrees, d.h. der Anzahl der bekannten Elterngenerationen. Berücksichtigt man alle bisher genannten Kreuzungsgruppen, so müssen mindestens die Urgroßeltern bekannt sein, berücksichtigt man nur die R₂ und die W₁, so genügt eine Generation weniger.

Tabelle 61: Gliederung der Pedigrees nach Vater/Mutter bekannt oder unbekannt = 00 (Tiere und Eltern aus einem außerbayerischen Zuchtgebiet wurden nicht berücksichtigt, ca. 0,5 %)

		Vater + Mutter 00	nur Vater 00	nur Mutter 00	mind. 1 Elter 00	Vater + Mutter bekannt
Gesamtzeitraum:						
- absolut	n	65.756	23.540	5.429	94.725	224.632
- relativ	%	20,50	7,34	1,69	29,53	70,04
Fleckvieh 01	%	28,04	6,47	2,70	37,21	62,48
Gelbvieh 04	%	15,76	6,74	1,16	23,65	76,33
Schwarzbunte 06	%	38,81	10,80	1,84	51,45	43,04
Rotbunte 07	%	69,77	14,15	0,62	84,53	14,39
14	%	7,62	8,54	1,50	17,66	82,34
41	%	17,02	6,19	2,21	25,41	74,54
11	%	3,38	7,34	1,06	11,70	88,21
44	%	3,73	13,26	0,25	17,24	82,78
sonstige	%	12,13	10,58	1,26	23,97	75,66
1980	%	21,78	7,51	1,87	31,15	68,34
1981	%	21,48	7,38	1,82	30,68	68,89
1982	%	20,58	7,36	1,69	29,63	69,99
1983	%	20,38	7,24	1,65	29,27	70,31
1984	%	18,62	7,25	1,48	27,35	72,26
1980 01	%	32,31	6,65	3,11	42,07	57,40
1984 01	%	24,06	6,46	2,18	32,70	67,11
1980 04	%	16,51	6,96	1,33	24,80	75,19
1984 04	%	14,03	6,56	0,98	21,57	78,42

Tabelle 62: Gliederung der verschiedenen Kreuzungsgruppen zwischen Gelbvieh und Fleckvieh nach der Länge des Pedigrees

bekannt:		Eltern	Großeltern	Urgroß- eltern	Urgroß- eltern	Ururur- großeltern	Ururur- großeltern
Kreuzungsgruppe:							
Reinzucht:							
Gelbvieh (GV)		29.054	31.502	23.620	12.592	4.474	914
Fleckvieh (FV)		25.444	13.656	6.028	2.011	523	106
F ₁ -Generation:							
Mutter O4		6.737	3.801	2.061	760	253	29
Mutter O1		2.179	715	173	48	9	0
Großmutter							
R ₁ GV	O4	-	1.153	849	294	95	20
R ₁ GV	O1	-	749	166	19	0	0
R ₁ FV	O4	-	3.213	1.622	619	166	55
R ₁ FV	O1	-	611	187	39	19	0
Urgroßmutter							
R ₂ GV	O4	-	-	328	209	45	13
R ₂ GV	O1	-	-	318	36	2	0
R ₂ FV	O4	-	-	1.126	399	155	43
R ₂ FV	O1	-	-	252	37	11	1
W ₁ GV	O4	-	-	182	68	18	9
W ₁ GV	O1	-	-	25	9	0	0
W ₁ FV	O4	-	-	155	64	8	6
W ₁ FV	O1	-	-	95	15	0	0

Fortsetzung Tabelle 62:

Kreuzungsgruppe:	bekannt:		Eltern	Großeltern	Urgroß- eltern	Ururgroß- eltern	Ururur- großeltern	Urururur- großeltern
Ururgroßmutter								
R ₃ GV	O4	-	-	-	-	64	28	5
R ₃ GV	O1	-	-	-	-	147	8	0
R ₃ FV	O4	-	-	-	-	215	60	21
R ₃ FV	O1	-	-	-	-	64	5	0
R ₁ FV/2GV	O4	-	-	-	-	30	6	1
R ₁ FV/2GV	O1	-	-	-	-	5	0	0
R ₁ GV/2FV	O4	-	-	-	-	23	3	2
R ₁ GV/2FV	O1	-	-	-	-	31	0	0
W ₂ GV	O4	-	-	-	-	7	4	0
W ₂ GV	O1	-	-	-	-	16	0	0
W ₂ FV	O4	-	-	-	-	23	3	0
W ₂ FV	O1	-	-	-	-	0	1	0
R ₂ FV/1GV	O4	-	-	-	-	5	7	2
R ₂ FV/1GV	O1	-	-	-	-	14	0	0
R ₂ GV/1FV	O4	-	-	-	-	14	4	0
R ₂ GV/1FV	O1	-	-	-	-	10	0	0

In Tabelle 63 werden die Kreuzungsgruppen aus Tabelle 62 nach ihrer LKV-Kodierung geordnet. Es wird, getrennt für die Gruppen Urgroßeltern, Ururgroßeltern und mindestens Urururgroßeltern bekannt, der Anteil der einzelnen Kreuzungsgruppen an der LKV-Kodierung errechnet. Hier zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den entsprechenden LKV-Kodierungen (O1 und O4, 11 und 44, 41 und 14). So liegt z.B. der Anteil der Reinzucht Gelbvieh an der LKV-Kodierung in Tabelle 63 immer über 98 %, beim Fleckvieh dagegen steigt der Reinzuchtanteil an O1 von nur 69 %, wenn mindestens die Urururgroßeltern bekannt sind, auf 84,26 % an, wenn die Urgroßeltern bekannt sind. Multipliziert man den Anteil einer Kreuzungsgruppe an einer LKV-Kodierung mit dem Gelbviehgenanteil der Kreuzungsgruppe (siehe Tabelle 36) und dividiert durch 100, so erhält man den Beitrag an Gelbviehgenden, den diese Kreuzungsgruppe zum Gesamtgelbviehgenganteil in dieser LKV-Rassenkodierung beiträgt. Summiert man diese Beiträge der an dieser LKV-Kodierung beteiligten Kreuzungsgruppen auf, so erhält man den Gesamtgelbviehgenganteil, der hinter dieser LKV-Rassenkodierung steckt. Dies wurde getrennt nach verschiedenen Längen der Pedigrees durchgeführt und dann daraus der mit der Anzahl der Tiere gewichtete Durchschnitt gebildet (siehe Tabelle 64). Abbildung 30 stellt die Ergebnisse graphisch dar und zeigt die Unterschiede in den parallelen Rassenkodierungen O1 - O4, 11 - 44, 41 - 14.

Während in der Gelbviehrefreinzuchtkodierung praktisch keine Fleckviehgene enthalten sind, sind in der untersuchten Fleckviehkodierung (mind. Urgroßeltern bekannt) über 2,2 % Gelbviehgene enthalten. In den Kreuzungskodierungen 11, 44, 41, 14 zeigt sich, daß der Gelbviehgenganteil immer an der Obergrenze und der Fleckviehgenganteil immer nahe der Untergrenze liegt. Es zeigt sich also, daß die Verdrängung des Gelbviehs durch Kreuzung und damit seine Absorption in das Fleckvieh nicht nur seinen Ausdruck findet in dem Mißverhältnis der Kreuzungskodierungen 11 : 44 und 41 zu 14, son-

Tabelle 63: Prozentualer Anteil der verschiedenen Kreuzungsgruppen von Gelbvieh X Fleckviehkreuzungen an den LKV-Kodierungen in Abhängigkeit von der Länge des Pedigrees

LKV-Kod.	Kreuzungsgruppe	mind. Ururur-großeltern bekannt	Ururgroß-eltern bekannt	Urgroß-eltern bekannt
01	n	913	2.689	7.154
01	FV % *)	68,89	74,79	84,26
01	R ₃ FV %	9,42	10,38	
01	R ₂ FV %	21,69	14,84	15,74
04	n	5.431	12.839	23.938
04	GV %	99,21	98,08	98,67
04	R ₃ GV %	0,75	1,64	
04	R ₂ GV %	0,04	0,28	1,33
11	n	238	710	1.874
11	R ₂ FV %	5,04	5,21	13,45
11	R ₁ GV/2FV %	2,10	1,67	
11	R ₁ FV %	92,86	87,18	86,55
44	n	65	263	494
44	R ₂ GV %	89,23	79,47	66,40
44	R ₁ FV/2GV %	10,77	13,31	
44	R ₁ GV %	0,0	7,22	33,60
41	n	323	925	2.489
41	R ₁ FV %	5,88	4,22	7,49
41	W ₂ FV %	1,24	2,49	
41	W ₁ FV %	4,33	8,54	10,01
41	R ₂ GV/1FV %	1,24	2,59	
41	F ₁ FV %	87,31	82,16	82,51

Tabelle 63 Fortsetzung

LKV-Kod.	Kreuzungsgruppe		mind. Ururur-großeltern bekannt	Ururgroß-eltern bekannt	Urgroß-eltern bekannt
14		n	164	461	1.204
14	R ₁ GV	%	70,12	63,77	70,51
14	W ₂ GV	%	2,44	4,99	
14	W ₁ GV	%	16,46	16,70	15,12
14	R ₂ FV/1GV	%	5,49	4,12	
14	F ₁ GV	%	5,49	10,41	14,37

*) Anteil an LKV-Kodierung

dern auch darin, daß in diesen Kreuzungskodierungen der Gelbviehgenanteil ausgesprochen hoch liegt.

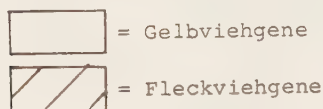
Weiterhin wird aus Abbildung 30 noch deutlich, daß die LKV-Kreuzungskodierungen für genetische Auswertungen ungeeignet sind, da der Gengehalt einer Kreuzungskodierung stark von der jeweiligen Kreuzungs- bzw. Verdrängungssituation abhängt und zudem sehr schwer zu erfassen ist, da, wie aus Abbildung 31 deutlich wird, der Anteil der zur genauen Bestimmung benötigten Tiere (genügend lange Pedigrees) in der Regel unter 30 % liegt. Abbildung 31 gliedert die LKV-Kodierungen 01, 04, 11, 44, 41 und 14 nach der Länge der Pedigrees und gibt soweit möglich den Anteil der nach 4.1. definierten Kreuzungsgruppen an.

Während der Anteil der Tiere, bei denen mindestens die Urgroßeltern bekannt sind, also eine relativ genaue Einteilung in Kreuzungsgruppen möglich ist, je nach LKV-Kodierung nur zwischen 10 und 30 % liegt, sind doch bei allen Rassenkodierungen in Abb. 31 mindestens in 60 %, meist sogar in 75 % der Laktationen beide Eltern bekannt und dadurch die Kreuzungs-

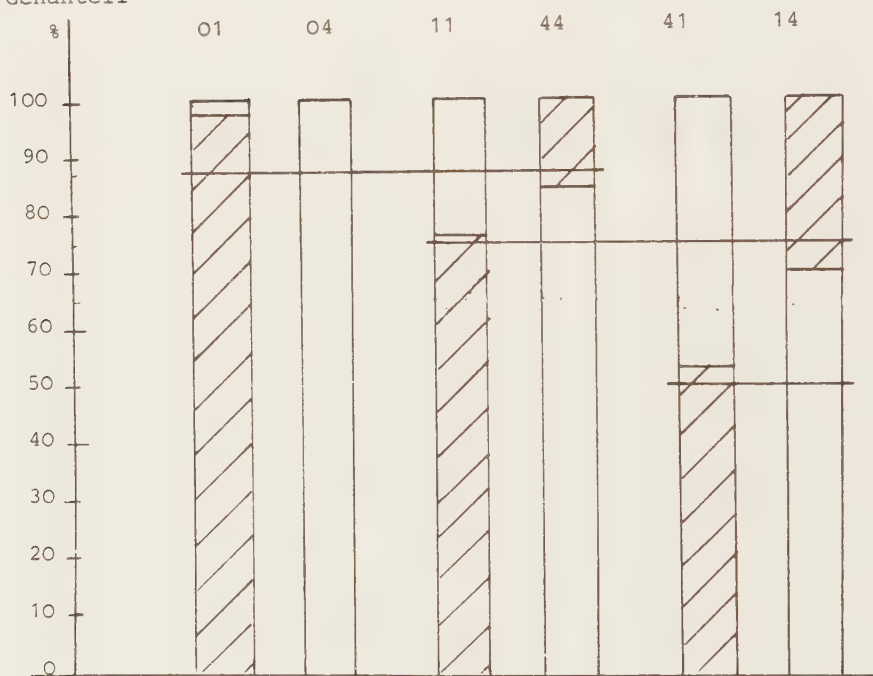
Tabelle 64: Gelbviehgenanteile in den LKV-Kodierungen O1, O4, 11, 44, 41 und 14 bei unterschiedlich langen Pedigrees

LKV-Kod.		mind. Ururur-großeltern bekannt	Urgroß-eltern bekannt	Urgroßeltern bekannt	mind. Urgroß-eltern bekannt
O1	n	913	2.689	7.154	10.756
O1	GVgenanteil %	3,30	2,51	1,97	2,21
O4	n.	5.431	12.839	23.938	42.208
O4	GVgenanteil %	99,95	99,87	99,83	99,86
11	n	238	710	1.874	2.822
11	GVgenanteil %	24,23	22,76	23,32	23,53
44	n	65	263	494	822
44	GVgenanteil %	86,83	85,77	83,30	84,37
41	n	323	925	2.489	3.746
41	GVgenanteil %	47,68	47,24	46,88	47,06
14	n	164	461	1.204	1.829
14	GVgenanteil %	70,39	69,23	69,52	69,52

Abb. 30: Genanteile von Fleckvieh und Gelbvieh in den LKV-Rassenkodierungen 01, 04, 11, 44, 41 und 14 wenn mindestens die Urgroßeltern bekannt sind.

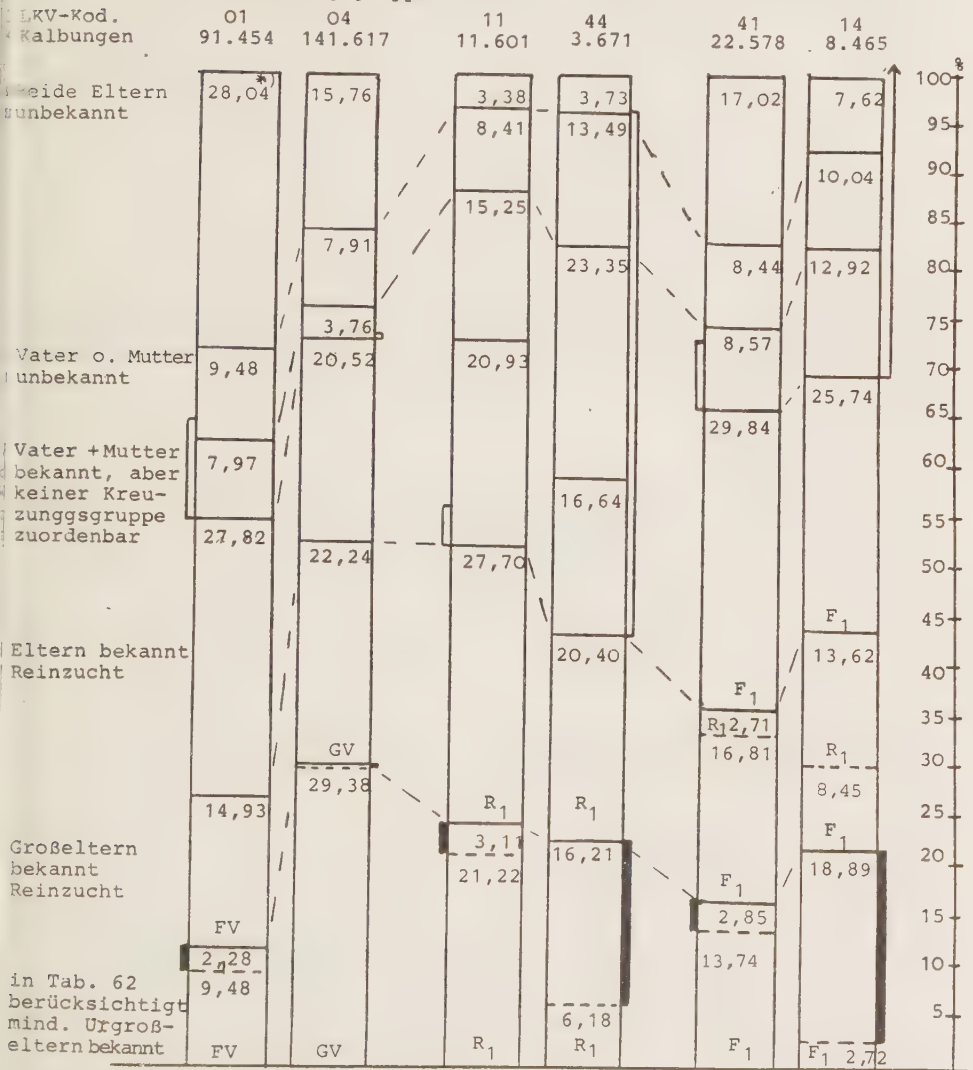


Genanteil



Gelbvieh- gene:	2,21	99,86	23,53	84,37	47,06	69,52	%
Fleckvieh- gene:	97,79	0,14	76,47	15,63	52,94	30,48	%

Abb. 31: Gliederung der LKV-Rassenkodierungen 01, 04, 11, 44, 41 und 14 nach Vater/Mutter bekannt bzw. unbekannt und Kreuzungsgruppen



* = Anteil an der LKV-Rassenkodierung in %

■ = NRZ, NF₁, NR₁ siehe Formeln 31 - 33 und Tabelle 64

□ = nach Formeln 31 - 33 geschätzter Anteil von NRZ, NF₁ und NR₁ an LKV-Kodierung, wenn Eltern und Großeltern bekannt (siehe Tabelle 64)

gruppe zum Großteil identifizierbar. Jedoch ist durch die Eltern nur die Reinzucht und die F_1 und durch die Großeltern zusätzlich die R_1 eindeutig zu definieren. Kühe, die in eine komplexere Kreuzungsgruppe fallen, beginnen in der Eltern- bzw. Großelterngeneration mit einer Kreuzungskodierung und fallen somit in die Untergruppe Vater und Mutter bekannt, sind aber keiner Kreuzungsgruppe zuordenbar.

Mit Hilfe der folgenden Gleichungen (Formel 31 - 33) wurde errechnet, wie hoch der Anteil der nicht durch die Eltern bzw. Großeltern identifizierbaren Kreuzungsgruppen an den verschiedenen LKV-Kodierungen wäre, wenn die in Tabelle 63 gefundenen Verhältnisse auch für Eltern und Großeltern zutreffen würden.

Formeln 31 - 33: Gleichungen zur Schätzung des Anteils der komplexeren Kreuzungsgruppen an den LKV-Kodierungen O1, O4 (31), 41, 14 (32), 11 44 (33) aus den Verhältnissen, wenn mindestens die Urgroßeltern bekannt sind

$$31: \quad NRZ_{E/GE} = \frac{NRZ_{UGE} \times RZ_{E/GE}}{RZ_{UGE}} \quad \text{bei O1 und O4}$$

$$32: \quad NF_{1E/GE} = \frac{NF_{1UGE} \times F_{1E/GE}}{F_{1UGE}} \quad \text{bei 41 und 14}$$

$$33: \quad NR_{1GE} = \frac{NR_{1UGE} \times R_{1GE}}{R_{1UGE}} \quad \text{bei 11 und 44}$$

RZ, NRZ, NF_1, NR_1 = Anteil von Reinzucht, Nichtreinzucht, Nicht- F_1 , Nicht- R_1 an den LKV-Kodierungen

definiert durch:

$E/GE, GE, UGE$ = Eltern und Großeltern, Großeltern, mindestens Urgroßeltern

Tabelle 65 vergleicht die so errechneten Ergebnisse mit dem Anteil der Gruppe Vater und Mutter bekannt, aber sonst keiner Kreuzungsgruppe zuordenbar, an den verschiedenen LKV-Kodierungen. In Abb. 31 sind die Ergebnisse seitlich an den Säulen markiert.

Tabelle 65: Vergleich der mit Hilfe der Formeln 31 - 33 ermittelten Anteile der komplexeren Kreuzungsgruppen an den LKV-Kodierungen mit dem Anteil der Gruppe Vater und Mutter bekannt, aber keiner Kreuzungsgruppe zuordenbar (NKRK)

LKV-Kod.	Kreuzungsgruppen in NRZ, NF ₁ , NR ₁	deren nach Formeln 31 - 33 geschätzter Anteil an LKV-Kod. %	Anteil von NKRK an LKV-Kod. %
O1	R _{3FV} , R _{2FV}	10,28	7,97
O4	R _{3GV} , R _{2GV}	0,58	3,76
41	R _{1FV} , W _{2FV} , W _{1FV} , R _{2GV1FV}	9,68 (-2,71 [*]) = 6,97)	8,57
14	R _{1GV} , W _{2GV} , W _{1GV} , R _{2FV1GV}	2,38,83 (-13,62 [*]) = 225,21)	12,92
11	R _{2FV} , R _{1GV2FV}	4,06	36,18 ^{**) (}
44	R _{2GV} , R _{1FV2GV}	53,61	39,99 ^{**) (}

siehe auch Formeln 31 - 33

^{*)} durch Großeltern definierte R₁

^{**) (} Tiere mit LKV-Kodierungen 11 und 44 sind erst ab bekannten Großeltern Kreuzungsgruppe zuordenbar

Es zeigt sich, daß sich die Ergebnisse für die LKV-Kodierungen O4 und 41 gut in die oben genannte Gruppe einpassen lassen. Die in Abbildung 30 dargestellten Genverteilungen werden

wohl für die ganze LKV-Kodierung zutreffen. Der Anteil der R_2 und der R_3 an der LKV-Kodierung 01 ist insgesamt etwas kleiner als in Tabelle 64 angegeben, so daß der Anteil der Gelbviehgene im als Fleckvieh kodierten Material bei etwa 2,0 % liegen wird. Schwer zu beurteilen ist aufgrund der fehlenden Elterninformation der Gengehalt in der LKV-Kodierung 11, die gefundenen 23,5 % Gelbviehgenanteil (Tabelle 64) könnten aber realistisch sein. Praktisch nicht auf die Gesamtkodierung übertragbar sind die für die LKV-Kodierungen 44 und 14 gefundenen Werte. Hier scheint die Länge des Pedigrees offenbar einen erheblichen Einfluß auf die Verteilung der Kreuzungsgruppen zu spielen. In der Kodierung 44 wird aufgrund der Urgroßelterninformation der Anteil der F_1 stark überschätzt und in der Kodierung 14 sehr stark unterschätzt.

Da der Gengehalt einer Kreuzungskodierung also nur grob geschätzt werden kann, ist es für genetische Auswertungen nötig, für jedes Tier ein Pedigree zu erstellen, das mindestens die Eltern umfaßt, wobei zu fordern ist, daß diese Eltern Reinzucht sind, da nur in der Reinzucht der Genanteil annähernd genau festgelegt werden kann.

Wie bereits in Kapitel 5.1.2. erläutert, spielt bei der Verdrängung einer Rasse durch Kreuzung vorallem die Mutterrasse eine entscheidende Rolle. Aus Tabelle 45 geht hervor, daß sich das Verhältnis der Kreuzungskodierungen 14 : 41 wie 1 : 2,67 verhält, d.h. daß auf eine Mutterkodierung Fleckvieh 2,67 Mutterkodierungen Gelbvieh kommen. Um Reinzuchtmütter handelt es sich dabei aber nur in der F_1 -Generation. Welchen Anteil die jeweils am Beginn eines Kreuzungspedigrees stehenden Gelbviehrefinzuchtmütter an den verschiedenen Kreuzungsgruppen ausmachen, zeigt Tabelle 66.

Dabei zeigt sich, daß in der F_1 -Generation 81,37 % aller Kreuzungen von Gelbviehmüttern stammen. Das Verhältnis von Fleckvieh zu Gelbviehmüttern beträgt also 1 : 4,37 ; in der R_1 ist

Tabelle 66: Anteile der Gelbviehrefinzungtmütter an den Refin-
zuchtmmütern in verschiedenen Kreuzungsgruppen
und Generationen.

Kreuzungsgruppen	Mutter F_1	Groß- mutter R_1	Urgroß- mutter $R_2 + W_1$	Urgroß- mutter $R_3, W_2, R_{1/2}, R_{2/1}$	Gesamt
Rückkreuzung Richtung FV %	81,37	86,89	82,64	76,83	85,30
Rückkreuzung Richtung GV %		72,08	69,21	45,56	69,48
Gesamt %	81,37	81,87	77,93	63,65	80,65

das Verhältnis der Großmütter sogar 1 : 4,51. Berücksichtigt man alle Kreuzungsgruppen, so ist das Verhältnis der am weitesten zurückliegenden Fleckviehrefinzungtmütter und den Gelbviehrefinzungtmütern 1 : 4,17. Das Mißverhältnis zwischen Gelbvieh und Fleckviehkühen, was die Belegung mit Bullen der anderen Rasse betrifft, ist also bedeutend gravierender, als es im Vergleich von 14 : 41 und im Vergleich von 14 : 04 und 41 : 01 (siehe Kap. 3.2.2.2.) zum Ausdruck kommt.

5.4. Schätzung von Kreuzungsparametern für Milchleistungsmerkmale

5.4.1. Gelbvieh X Fleckviehkreuzungen

5.4.1.1. Reinzucht- und Kreuzungsgruppenmittelwerte

In Tabelle 67 und 68 sind die LSQ-Reinzucht- und Kreuzungsgruppenmittelwerte für Milch-kg von der Gelbviehrefinzucht mit steigendem Fleckviehgehalt (jeweils um 6,26 %) bis zur Fleckviehrefinzucht, getrennt nach den reziproken Kreuzungen, aufgelistet. Abbildung 32 stellt die Ergebnisse für die Hauptkreuzungsgruppen (jeweils 12,5 % GV-Genanteil Differenz) graphisch dar. Tabelle 67 gibt die Ergebnisse für die 1. Laktation (Korrekturmethode 1), Tabelle 68 die Ergebnisse über alle Laktationen (Korrekturmethode 2) wieder.

Die Reinzucht nimmt dabei den Großteil der Laktationen ein. Mit noch relativ vielen Laktationen sind die F_1 -, die R_1 - und zum Teil auch die R_2 -Generation vertreten, während die übrigen Kreuzungsgruppen z.T. nur eine sehr geringe Tierzahl aufweisen. Auffällig ist die unterschiedliche zahlenmäßige Besetzung der beiden reziproken Kreuzungen innerhalb einer Kreuzungsgruppe, wobei die Kreuzungen aus den Gelbviehrefinzuchtmüttern deutlich überwiegen.

Der LSQ-Rassenmittelwert des Gelbviehs beträgt in der ersten Laktation etwa 4.065 kg Milch und liegt damit fast genau 100 kg unter dem der Fleckviehrefinzucht. Betrachtet man alle Laktationen gemeinsam, so liegt die Gelbviehdurchschnittsleistung bei 4.520 kg Milch und etwa 150 kg unter dem Rassenmittelwert des Fleckviehs. Beide Rassendifferenzen sind hochsignifikant. Berechnet man die Heterosis mittels des Durchschnittes der reziproken F_1 -LSQ-Mittelwerte und der Reinzucht, so erhält man eine positive Heterosis von 35,2 kg in der 1. Laktation und 32,4 kg für alle Laktationen.

Tabelle 67: LSQ-Kreuzungsgruppenmittelwerte der Gelbvieh X Fleckviehkreuzungen: Milch-kg in der 1. Laktation

Kreuzungs- gruppe	Rasse der letzten Reinzucht- mutter *)	n	LSQ-Mittel- wert Milch-kg	Standard- fehler	Signifi- kanz der Differenz
GV	O4	13.869	4.065,6	6,3	+++ (zu FV)
R ₃ GV	O1	27	4.187,7	110,8	ns
	O4	22	4.033,8	122,6	
R ₂ GV	O1	70	4.008,3	68,9	ns
	O4	113	4.033,4	54,3	
R ₁ FV/2GV	O1	-	3.975,6	217,3	
	O4	7			
R ₁ GV	O1	127	3.908,8	52,3	+++
	O4	388	4.116,6	29,5	
W ₂ GV	O1	1	4.490,9	574,9	ns
	O4	5	3.940,0	257,2	
W ₁ GV	O1	6	3.939,5	234,7	ns
	O4	43	4.209,9	87,8	
R ₂ FV/1GV	O1	2	3.028,2	406,6	+
	O4	4	4.109,3	287,5	
F ₁	O1	336	4.141,0	31,6	ns
	O4	1.624	4.160,9	14,8	
R ₂ GV/1FV	O1	-	3.355,1	574,9	
	O4	1			
W ₁ FV	O1	11	4.276,7	173,3	ns
	O4	51	4.173,0	80,6	
W ₂ FV	O1	-	4.009,3	191,7	
	O4	9			
R ₁ FV	O1	131	4.096,0	50,3	ns
	O4	948	4.189,9	19,3	
R ₁ GV/2FV	O1	3	3.625,6	332,0	ns
	O4	3	4.470,3	332,0	

Fortsetzung Tabelle 67:

Kreuzungs- gruppe	Rasse der letzten Reinzucht- mutter *)	n	LSQ-Mittel- wert Milch-kg	Standard- fehler	Signifi- kanz der Differenz
R ₂ FV	O1	36	4.052,8	95,9	ns
	O4	360	4.159,0	30,7	
R ₃ FV	O1	13	4.627,7	159,5	++
	O4	68	4.062,1	70,0	
FV	O1	7.515	4.164,9	7,6	

*) gemeint ist damit die Rasse der Reinzuchtmutter im Pedigree, die mit einem Bullen einer anderen Rasse belegt wurde (F₁ = Mutter, R₁ = Großmutter, R₂ = Urgroßmutter etc.; siehe auch Tabelle 61)

Tabelle 68: LSQ-Kreuzungsgruppenmittelwerte der GV X FV-Kreuzungen: Milch-kg alle Laktationen

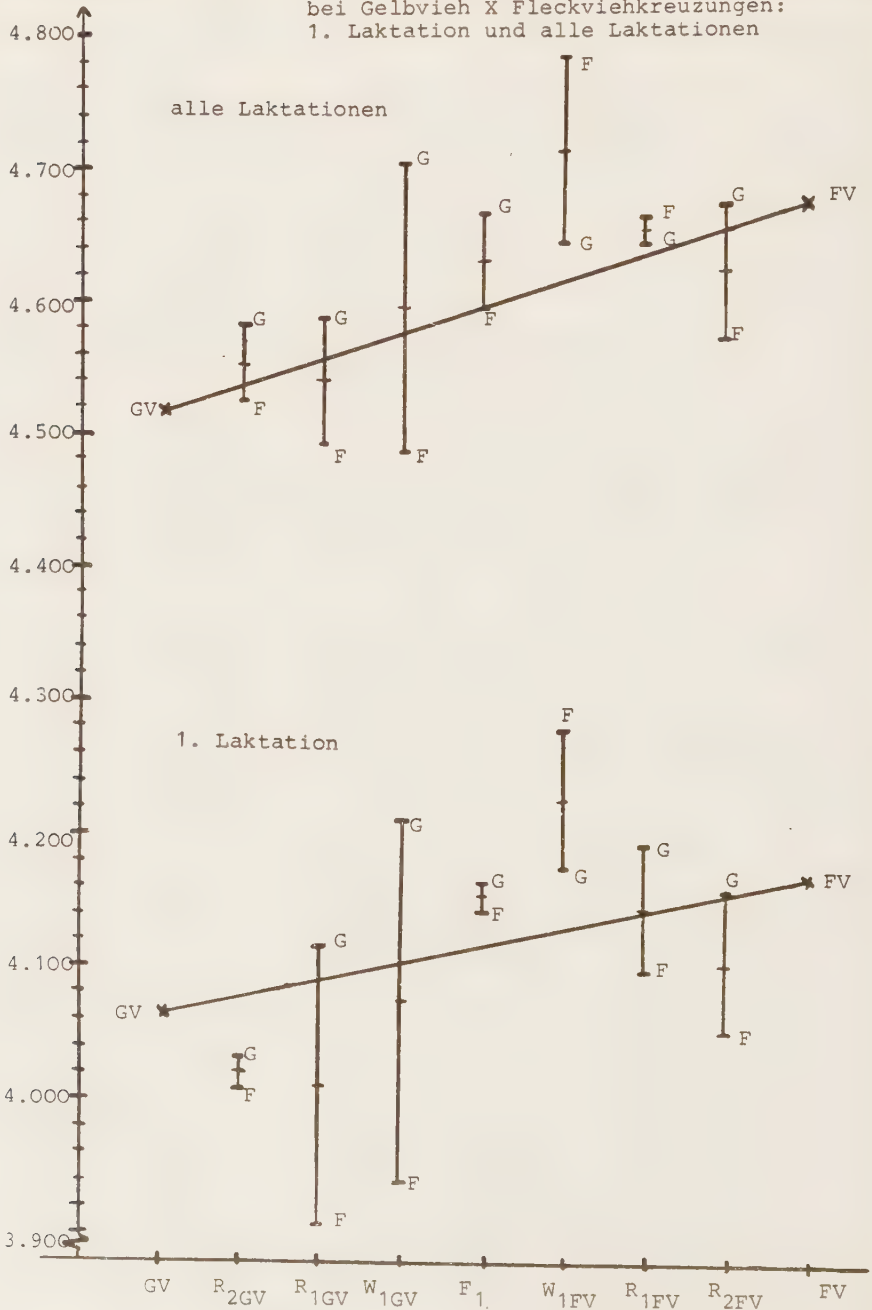
Kreuzungs- gruppe	Rasse der letzten Reinzucht mutter *)	n	LSQ-Mittel- wert Milch-kg	Standard- fehler	Signifi- kanz der Differenz
GV	O4	54.204	4.519,3	21,7	+++ (zu FV)
R ₃ GV	O1	80	4.655,6	82,3	ns
	O4	42	4.493,1	111,7	
R ₂ GV	O1	174	4.523,1	57,9	ns
	O4	289	4.579,3	47,0	
R ₁ FV/2GV	O1	3	4.796,2	410,6	ns
	O4	19	4.454,9	164,4	
R ₁ GV	O1	435	4.491,4	40,3	+
	O4	1.259	4.584,5	29,4	
W ₂ GV	O1	9	4.607,9	237,7	ns
	O4	6	4.363,5	290,8	

Fortsetzung Tabelle 68:

Kreuzungs- gruppe	Rasse der letzten Reinzucht- mutter *)	n	LSQ-Mittel- wert Milch-kg	Standard- fehler	Signifi- kanz der Differenz
W ₁ GV	O1 O4	13 134	4.484,8 4.702,2	198,2 65,1	ns
R ₂ FV/1GV	O1 O4	8 6	3.947,9 3.915,5	252,0 290,8	ns
F ₁	O1	1.492	4.593,2	28,2	+++
F ₁	O4	7.364	4.663,1	22,9	
R ₂ GV/1FV	O1 O4	3 9	5.087,9 4.618,4	410,6 237,8	ns
W ₁ FV	O1 O4	66 136	4.779,0 4.641,6	90,0 64,7	ns
W ₂ FV	O1 O4	- 11	4.613,8	215,2	
R ₁ FV	O1 O4	460 3.085	4.659,2 4.640,8	39,4 25,0	ns
R ₁ GV/2FV	O1 O4	18 4	4.341,6 4.820,1	168,9 355,8	ns
R ₂ FV	O1 O4	148 882	4.566,9 4670,0	62,2 32,3	ns
R ₃ FV	O1 O4	28 108	4.874,8 4.466,9	136,0 71,80	++
FV	O1	24.549	4.672,2	21,9	

*) siehe Anm. zu Tab. 67

Milch-kg Abb. 32: LSQ-Kreuzungsgruppenmittelwerte für Milch-kg
bei Gelbvieh X Fleckviehkreuzungen:
1. Laktation und alle Laktationen



G bzw. F = letzte Reinzuchtmutter GV bzw. FV (siehe Tabelle 66)

Betrachtet man die Leistungen der reziproken Kreuzungen innerhalb einer Kreuzungsgruppe, so sieht man, daß die Laktationsergebnisse oft erheblich, z.T. signifikant auseinanderklaffen (in Tabelle 68 unterscheidet sich die F_1 z.B. hochsignifikant). Dabei fällt auf, daß die Kreuzungen aus Gelbviehrefreinzuchtmüttern praktisch durchwegs eine höhere Leistung aufweisen (siehe hierzu auch Kap. 5.4.2.).

Der Gelbviehrefreinzucht-LSQ-Mittelwert für Fett-% beträgt in der 1. und in allen Laktationen 3,94 % und unterscheidet sich nicht signifikant von dem des Fleckviehs (3,93 %); die F_1 -Generation liegt im Durchschnitt bei 3,925 %. Insgesamt bestehen zwischen den Kreuzungsgruppen kaum signifikante Unterschiede. Das gleiche trifft auch auf den Eiweißgehalt zu. Mit 3,47 % (1. Lakt.) und 3,49 % liegt die Gelbviehrefreinzucht aber mit 0,01 % signifikant über dem Fleckvieh und der F_1 -Generation.

5.4.1.2. Vergleich der Ergebnisse verschiedener genetischer Modelle

In Tabelle 69 sind die Ergebnisse für die Parameter der 10 in Kapitel 4.2. dargestellten Modelle aufgelistet. Das Merkmal Milch-kg in der 1. Laktationen wurde für alle Modelle nach Methode 3 aus Kapitel 4.3. ausgewertet. Während sich die Ergebnisse der verschiedenen Modelle für die additiven Effekte kaum unterscheiden (98,7 - 108,2 kg Milch), schwanken die Ergebnisse für die Dominanzeffekte von 2,5 kg bis 120 kg. Die epistatischen Effekte variieren von -78 kg bis 118 kg und sind bis auf zwei Ergebnisse nicht signifikant. Wie in Kapitel 4.2. dargelegt, lassen sich die Ergebnisse einiger Modelle ineinander umrechnen. Es können dann noch 6 Modelle differenziert werden. Das zur Auswertung beste Modell soll mit der in 4.2. beschriebenen Methode des Vergleichs der Ergebnisse bei Verwendung unterschiedlich vieler Kreuzungsgruppen zur Schätzung der

Tabelle 69: Kreuzungsparameter für Milch-kg in der 1. Laktation bei GV X FV-Kreuzungen, errechnet nach verschiedenen Modellen

Modell	Populations- differenz (additive Effekte)	Heterosis (Dominanz- effekt)	epistati- scher Effekt	Art des epista- tischen Effektes
	Parameter Standard- fehler	Parameter Standard- fehler	Parameter Standard- fehler	
Dominanz	101,03 ⁺⁺⁺ 8,90	38,40 ⁺⁺ 12,66		
DICKERSON	101,54 ⁺⁺⁺ 8,94	41,67 ⁺⁺ 13,57	- 39,13 ^{ns} 58,20	r
KINGHORN ₁	101,54 ⁺⁺⁺ 8,94	41,67 ⁺⁺ 13,57	- 19,56 ^{ns} 29,10	g ₁
KINGHORN ₂	101,54 ⁺⁺⁺ 8,94	2,54 ^{ns} 54,82	39,13 ^{ns} 58,20	γ ₁
KINGHORN ₃	101,54 ⁺⁺⁺ 8,94	80,79 ^{ns} 64,32	- 78,25 ^{ns} 116,40	e _x
KINGHORN ₄	101,54 ⁺⁺⁺ 8,94	41,67 ⁺⁺ 13,57	- 78,25 ^{ns} 116,40	e _y
MATHER und JINKS ₁	101,54 ⁺⁺⁺ 8,94	80,79 ^{ns} 64,32	39,13 ^{ns} 58,20	aa
MATHER und JINKS ₂	98,70 ⁺⁺⁺ 9,04	119,43 ^{ns} 66,83	77,17 ^{ns} 117,67 ⁺ 55,29	aa + ad
HILL ₁	101,54 ⁺⁺⁺ 8,94	40,40 ^{ns} 32,16	39,13 ^{ns} 58,20	aa
HILL ₂	108,19 ⁺⁺⁺ 27,34	59,71 ^{ns} 33,42	77,17 ^{ns} 58,84 ⁺ 27,64	aa + ad

Parameter, herausgefunden werden. Die Parameter werden einmal unter Verwendung aller in Tabelle 36 aufgeführten Kreuzungsgruppen (KRG 1-9) errechnet, dann ohne die Kreuzungsgruppen R_3 , W_2 , $R_{1/2}$ und $R_{2/1}$ (KRG 1-5) und dann nur noch aus der Reinzucht, F_1 und R_1 (KRG 1-3). Es werden die Parameter für Milch-kg aus allen Laktationen mit Hilfe der Methode 4 aus 4.3. ermittelt. Tabelle 70 zeigt die Ergebnisse für die 6 verschiedenen Modelle.

Tabelle 71 zeigt die relativen Änderungen der Ergebnisse zwischen den 3 Auswertungsansätzen mit verschieden vielen Kreuzungsgruppen. Dabei zeigt sich, daß das Modell von DICKERSON und die parallelen Modelle ($KINGHORN_1$ und $KINGHORN_4$) der Auswertung des Materials deutlich am besten gerecht werden und die relativen Änderungen in den Ergebnissen für die Populationsdifferenz und die Heterosis fast immer unter der relativen Veränderung der Anzahl der Tiere liegen. Sehr konstant bleiben die Werte auch beim Dominanzmodell. Additive Effekte und epistatische Effekte schätzen alle Modelle mit einem epistatischen Effekt mit der gleichen Genauigkeit. Am geringsten ändern sich die Ergebnisse für die Populationsdifferenz beim Modell nach MATHER und JINKS mit 2 epistatischen Effekten. Außer in den Modellen von DICKERSON und $KINGHORN$ (β_1 und e_y) und im Dominanzmodell treten in den Ergebnissen für die Heterosis z.T. erhebliche Schwankungen zwischen den 3 Auswertungsansätzen auf. Ein entsprechender Test für Fett-% und Eiweiß-% zeigt, daß auch hier das DICKERSON-Modell und das Dominanzmodell den übrigen Modellen überlegen sind. Im Fall von Eiweiß-% betragen die maximalen Änderungen zwischen den Ergebnissen bei Berücksichtigung verschieden vieler Kreuzungsgruppen bei den additiven Effekten im DICKERSON-Modell 1,85 % und im Dominanzmodell 1,59 %, bei den Heterosiseffekten 2,45 % im DICKERSON-Modell und 3,42 % im Dominanzmodell. Die maximalen Änderungen der Ergebnisse für Fett-% sind im DICKERSON-Modell 8,94 % bei der Populationsdifferenz und 0,75 % bei der Heterosis und im Dominanzmodell 12,80 % und 12,18 %. Die Un-

Tabelle 70: Schätzwerte für Kreuzungsparameter nach verschiedenen genetischen Modellen bei Verwendung verschieden vieler Kreuzungsgruppen (Milch-kg bei Gelbvieh X Fleckviehkreuzungen, alle Laktationen)

Modell und Material	Populationsdifferenz			Heterosis		epistatische Effekte			
	Para-meter	Sig.	Standard-fehler	Para-meter	Sig.	Para-meter	Sig.	Standard-fehler	Standard-fehler
<u>Dominanz</u>									
KRG 1-9	150,96	+++	5,87	51,44	+++	-	-	-	-
KRG 1-5	151,52	+++	5,88	52,27	+++	-	-	-	-
KRG 1-3	151,66	+++	5,93	51,29	+++	-	-	-	-
<u>DICKERSON</u>									
KRG 1-9	152,00	+++	5,89	55,86	+++	$\bar{x}$	-74,05 ns	39,37	-
KRG 1-5	152,46	+++	5,90	56,25	+++	-	-67,28 ns	39,64	-
KRG 1-3	152,57	+++	5,95	55,73	+++	-	-82,98 +	42,66	-
<u>KINGHORN</u> ²						γ_1			
KRG 1-9	152,00	+++	5,89	-18,19	ns	74,05 ns	-	39,37	-
KRG 1-5	152,46	+++	5,90	-11,03	ns	67,28 ns	-	39,64	-
KRG 1-3	152,57	+++	5,95	-27,25	ns	82,98 +	-	42,66	-

Fortsetzung Tabelle 70:

Modell und Material	Populationsdifferenz		Heterosis		epistatische Effekte		Sig. Standardfehler	
	Para-meter	Sig.	Standardfehler	Para-meter	Sig.	Standardfehler	Para-meter	Sig. Standardfehler
MATHER und JINKS ₁								
KRG 1-9	152,00	+++	5,89	126,32	++	42,40	ⁱ -148,10	ns 78,74
KRG 1-5	152,46	+++	5,90	123,53	++	42,68	-134,57	ns 79,29
KRG 1-3	152,57	+++	5,95	138,71	++	45,59	-165,96	+ 85,31
MATHER und JINKS ₂								
KRG 1-9	152,08	+++	5,96	128,80	++	44,28	ⁱ 72,96	ns 41,32
KRG 1-5	152,48	+++	5,96	123,04	++	44,66	66,80	ns 41,70
KRG 1-3	152,38	+++	5,98	142,92	++	47,86	87,15	+ 45,03
HILL ₂								
KRG 1-9	148,74	+++	38,04	64,40	++	22,14	^{aa} 72,96	ns 41,32
KRG 1-5	151,02	+++	38,48	61,52	++	22,33	66,80	ns 41,70
KRG 1-3	164,64	+++	42,12	71,46	++	23,93	87,15	+ 45,03

KRG 1-3 = Reinzucht + F_1 + R_1 , n = 92.848; KRG 1-5 = KRG 1-3 + R_2 + W_1 , n = 94.690

KRG 1-9 = KRG 1-5 + R_3 + W_2 + $R_1/2$ + $R_2/1$, n = 95.044

Tabelle 71: Relative Änderung der Kreuzungsparameter in unterschiedlichen Modellen bei Vergleich verschiedener Kreuzungsgruppen

Modell *)	Parameter	relative Änderung in %		
		(KRG 1-9) - (KRG 1-5)	(KRG 1-5) - (KRG 1-3)	(KRG 1-9) - (KRG 1-3)
Populations- differenz				
Dominanz		0,37	0,09	0,46
Modelle mit 1 epista- tischem Effekt		0,30	0,07	0,38
MATHER u. JINKS ₂		0,26	0,07	0,20
HILL ₂		1,53	9,02	10,99
Heterosis				
Dominanz		1,61	1,87	0,29
DICKERSON		0,70	0,92	0,23
KINGHORN ₂		39,36	147,05	49,81
MATHER u. JINKS ₁		2,21	12,29	9,81
HILL ₂		4,47	16,16	10,96
Epistatischer Effekt				
Modelle mit 1 epistati- schen Effekt		9,14	23,34	12,06
Modelle mit 2 epistati- schen Effekten	aa	8,44	30,46	19,45
	ad	55,99	727,21	467,07

*) siehe Tabelle 69 und 70

terschiede zwischen DICKERSON und Dominanzmodell sind manchmal sehr gering, meist ist aber das DICKERSON-Modell leicht überlegen. Für die weiteren Auswertungen finden nur noch das Modell nach DICKERSON und das Dominanzmodell Berücksichtigung.

5.4.1.3. Schätzung von Kreuzungsparametern nach dem Dominanzmodell und dem Modell von DICKERSON

Wie in Kapitel 4.1. beschrieben, wurde die 1. Laktation mit 2 verschiedenen Herdenkorrekturmethoden (M.3 und M.3') ausgewertet. Beide Korrekturen erbringen aber annähernd dieselben Ergebnisse. Die Populationsdifferenz und der Rekombinationsverlust fallen in der Korrektur M.3' höher aus; auch die Heterosis ist meist etwas höher als in der Methode M.3.

Das Dominanzmodell und das DICKERSON-Modell erbringen ebenfalls fast dieselben Ergebnisse. Während sich bei der Populationsdifferenz annähernd identische Werte ergeben, fällt die Heterosis mit Ausnahme der Werte bei Fett-% durch die separate Schätzung des Rekombinationsverlustes erwartungsgemäß etwas höher aus (siehe Tabelle 72 und und 73).

Die Milchleistung liegt beim Fleckvieh mit ca. 100 kg (M.3) bzw. 120 kg (M.3') Populationsdifferenz hochsignifikant höher als beim Gelbvieh. Da bei den Inhaltsstoffen die Unterschiede gering sind, ergibt sich auch bei Fett-kg (ca. 4 - 4,5 kg) und bei Eiweiß-kg (ca. 3,5 kg) eine hochsignifikante Überlegenheit des Fleckviehs. Während der Eiweißgehalt beim Gelbvieh in der 1. Laktation um 0,01 % hochsignifikant höher liegt als beim Fleckvieh, sind in der 2. und 3. Laktation und beim Fettgehalt keine signifikanten Unterschiede mehr zu finden, wenn auch der Fett-bzw. Eiweißgehalt immer über dem des Fleckviehs liegt.

Tabelle 72: Berechnung von Populationsdifferenz und Heterosis bei Milchleistungsmerkmalen in den ersten drei Laktationen bei Gelbvieh X Fleckviehkreuzungen nach dem Dominanzmodell

Merkmal	Laktation	Populationsdifferenz		Heterosis	
		Schätzwert	Sig. Standardfehler	Schätzwert	Sig. Standardfehler
Milch-kg	1. M.3	101,03	+++ 8,90	38,40	+++ 12,66
	1. M.3'	120,71	+++ 8,18	39,66	+++ 11,15
	2. M.3'	89,37	+++ 11,87	41,75	++ 15,53
	3. M.3'	96,50	+++ 15,28	17,90	ns 19,32
Fett-%	1. M.3	-0,005	ns 0,004	-0,013	+ 0,005
	1. M.3'	-0,006	ns 0,003	-0,015	++ 0,005
	2. M.3'	-0,002	ns 0,005	-0,011	ns 0,006
	3. M.3'	-0,001	ns 0,006	-0,003	ns 0,008
Fett-kg	1. M.3	3,88	+++ 0,36	1,06	+ 0,51
	1. M.3'	4,65	+++ 0,33	1,08	+ 0,45
	2. M.3'	3,56	+++ 0,50	1,12	ns 0,65
	3. M.3'	3,61	+++ 0,65	0,55	ns 0,83

Merkmal	Laktation	Populationsdifferenz		Heterosis	
		Schätzwert	Sig. Standardfehler	Schätzwert	Sig. Standardfehler
Eiweiß-%	1. M.3	-0,010	+++ 0,002	-0,009	++ 0,004
	1. M.3'	-0,012	+++ 0,002	-0,009	++ 0,003
	2. M.3'	-0,004	ns 0,003	-0,009	+ 0,004
	3. M.3'	-0,001	ns 0,004	-0,007	ns 0,005
Eiweiß-kg	1. M.3'	3,85	+++ 0,27	1,20	+++ 0,36
	1. M.3	3,10	+++ 0,29	1,06	++ 0,41
	2. M.3'	3,03	+++ 0,39	1,14	+ 0,51
	3. M.3'	3,37	+++ 0,51	0,49	ns 0,64

Anzahl der 270-Tagelaktationen: 1. Lakt. Methode 3: 25.793, M. 3': 31.481,
 2. Lakt. Methode 3': 18.379, 3. Lakt. Methode 3': 10.214, alle Kreuzungsgruppen
 berücksichtigt

+ = $p < 0,05$, ++ = $p < 0,01$, +++ = $p < 0,001$
 M.3, M.3' = Korrekturmethode 3, 3'; ns = nicht signifikant

Tabelle 73: Berechnung von Populationsdifferenz, Heterosis und Rekombinationsverlust in den ersten drei Laktationen bei Milchleistungsmerkmalen bei Gelbvieh X Fleckviehkreuzungen

Merkmal	Laktation	Populationsdifferenz		Heterosis		Rekombinationsverlust	
		Schätz- wert	Sig. Standard- fehler	Schätz- wert	Sig. Standard- fehler	Schätz- wert	Sig. Standard- fehler
Milch-kg	1. M.3	101,54	+++	41,67	+++	-39,13	ns
	1. M.3'	121,52	+++	44,03	+++	-59,40	ns
	2. M.3	89,78	+++	43,56	++	-28,99	ns
	3. M.3'	96,02	+++	15,93	ns	37,24	ns
Fett-%	1. M.3	-0,004	ns	-0,011	+	-0,022	ns
	1. M.3'	-0,006	ns	-0,013	+	-0,033	ns
	2. M.3'	-0,002	ns	-0,010	ns	-0,015	ns
	3. M.3'	-0,001	ns	-0,003	ns	-0,003	ns
Fett -kg	1. M.3	3,92	+++	1,27	+	-2,50	ns
	1. M.3'	4,70	+++	1,36	++	-3,78	ns
	2. M.3'	3,58	+++	1,22	ns	-1,60	ns
	3. M.3'	3,60	+++	0,47	ns	1,37	ns

Merkmal	Laktation	Populationsdifferenz		Heterosis		Rekombinationsverlust	
		Schätz- wert	Sig. standard- fehler	Schätz- wert	Sig. standard- fehler	Schätz- wert	Sig. standard- fehler
Eiweiß-%	1. M.3	-0,010	+++	-0,011	++	0,012	ns
	1. M.3'	-0,012	+++	-0,009	++	0,000	ns
	2. M.3'	-0,004	ns	-0,011	++	0,039	+
	3. M.3'	-0,0002	ns	-0,008	ns	0,022	ns
Eiweiß-kg	1. M.3	3,11	+++	1,13	++	-0,86	ns
	1. M.3'	3,88	+++	1,34	+++	-1,92	ns
	2. M.3'	3,02	+++	1,09	+	0,72	ns
	3. M.3'	3,34	+++	0,35	ns	2,57	ns

Erklärungen siehe Tabelle 72

Heterosiseffekte bei Gelbvieh X Fleckviehkreuzungen sind für Milch-kg in der 1. und 2. Laktation etwa in einer Größenordnung von 40 kg Milch zu erwarten. Während die Heterosis in der 1. und 2. Laktation für Milch-kg hochsignifikant ist, nimmt sie in der 3. Laktation um mehr als die Hälfte ab und ist dann nicht mehr signifikant. Die Heterosiseffekte für die Inhaltsstoffe sind gering negativ, aber in der 1. und 2. Laktation bei etwa 0,01 hochsignifikant, in der 3. Laktation liegen sie nahe Null. Rekombinationsverluste sind negativ bei Milch-kg und Fett-% und positiv bei Eiweiß-%; mit einer Ausnahme in der 2. Laktation bei Eiweiß-% waren sie nie signifikant. Die Schätzwerte des Rekombinationsverlustes haben, mit Ausnahme des Merkmals Fett-%, im Vergleich zur Heterosis in der Regel umgekehrte Vorzeichen. Der Absolutbetrag der Schätzwerte liegen etwa in der Größenordnung der Heterosiseffekte meist etwas darüber.

5.4.2. Zweirassenkreuzungen zwischen Gelbvieh, Fleckvieh, Schwarzbunten und Rotbunten

Zur Bestimmung von Heterosiseffekten bei Kreuzungen mit anderen Rassen wurden ebenfalls nach Methode 1 die Kreuzungsgruppenmittelwerte aller Kreuzungs- und Rückkreuzungsstufen der möglichen Zweirassenkreuzungen zwischen den Rassen Gelbvieh, Fleckvieh, Schwarzbunte und Rotbunte bestimmt. Die LSQ-Kreuzungsgruppenmittelwerte für Milch-kg, Fett-% und Eiweiß-% für die Reinzucht, die F_1 -Generation und die R_1 -Generationen sind in den Tabellen 74 bis 76 aufgelistet. Der LSQ-Mittelwert für Milch-kg liegt beim Gelbvieh bei 4.093 kg und damit 102 kg unter dem des Fleckviehs, knapp 230 kg unter dem der Rotbunten und 387 kg unter dem der Schwarzbunten. Alle Differenzen sind hochsignifikant. Den höchsten Fettgehalt der Reinzuchttiere weisen die Schwarzbunten auf mit 3,95 %; er liegt aber nicht signifikant über dem der anderen Reinzucht-

Tabelle 74: LSQ-Kreuzungsgruppenmittelwerte für Milchleistungsmerkmale in der 1. Laktation bei den Kreuzungen Gelbvieh X Schwarzbunt und Fleckvieh X Schwarzbunt

Kreuzungsgruppe	Reinzucht mutter	n	Milch-kg $\bar{x}$ Standard- fehler	Fett-% $\bar{x}$ Standard- fehler	Eiweiß-% $\bar{x}$ Standard- fehler
GV	04	14.307	4.092,8 6,2	3,93 0,02	3,46 0,00
R ₁ GV	04 06	45 43	4.313,3 88,1 4.093,4 90,1	3,85 0,04 3,91 0,04	3,45 0,02 3,46 0,02
F ₁	04 06	59 126	4.530,4 76,9 4.341,3 52,7	3,95 0,03 3,97 0,02	3,40 0,02 3,44 0,01
R ₁ SB	04 06	28 110	4.611,2 111,7 4.571,2 186,6	3,88 0,05 3,86 0,08	3,38 0,03 3,39 0,05
SB	06	948	4.480,0 20,0	3,95 0,01	3,40 0,01
R ₁ SB	01 06	16 36	4.244,7 147,6 4.472,5 98,4	4,12 0,06 3,90 0,04	3,48 0,04 3,38 0,03
F ₁	01 06	41 394	4.518,2 92,3 4.350,5 29,8	3,94 0,04 3,91 0,01	3,39 0,03 3,41 0,01
R ₁ FV	01 06	31 139	4.390,6 106,1 4.207,8 50,2	3,94 0,04 3,92 0,02	3,43 0,03 3,45 0,01
FV	01	7.918	4.194,9 7,5	3,93 0,00	3,45 0,00

Tabelle 75: LSQ-Kreuzungsgruppenmittelwerte für Milchleistungsmerkmale in der 1. Laktation bei den Kreuzungen Gelbvieh X Rotbunt und Fleckvieh X Rotbunt

Kreuzungsgruppe	Reinzucht-mutter	n	Milch-kg $\bar{x}$ Standard- fehler	Fett-% $\bar{x}$ Standard- fehler	Eiweiß-% $\bar{x}$ Standard- fehler
FV	01	7.918	4.194,9 7,5	3,93 0,00	3,45 0,00
R ₁ FV	01 07	21 153	4.190,2 4.178,0 47,8	3,90 3,95 0,05 0,02	3,42 3,46 0,04 0,01
F ₁	01 07	60 236	4.531,4 4.180,3 76,2 38,5	3,88 3,19 0,03 0,02	3,40 3,42 0,02 0,01
R ₁ RB	01 07	3 13	4.219,0 4.139,1 340,7 163,7	4,04 3,85 0,14 0,07	3,52 3,39 0,09 0,04
RB	07	80	4.312,6 66,1	3,89 0,03	3,40 0,02
R ₁ RB	07 04	3 5	4.249,9 3.896,0 340,7 263,9	3,76 3,79 0,14 0,11	3,36 3,38 0,09 0,07
F ₁	07 04	74 75	4.223,7 4.294,3 68,7 68,4	3,88 3,93 0,03 0,03	3,46 3,44 0,02 0,02
R ₁ GV	07 04	53 24	3.917,2 4.108,9 81,1 120,6	3,98 3,96 0,03 0,05	3,47 3,50 0,02 0,03
GV	04	14.307	4.092,8 6,2	3,93 0,00	3,46 0,00

Tabelle 76: LSQ-Kreuzungsgruppenmittelwerte für Milchleistungsmerkmale in der 1. Laktation bei den Kreuzungen Gelbvieh X Fleckvieh und Schwarzbunt X Rotbunt

Kreuzungsgruppe	Reinzucht mutter	n	Milch-kg $\bar{x}$ Standard- fehler	Fett-% $\bar{x}$ Standard- fehler	Eiweiß-% $\bar{x}$ Standard- fehler
FV	01	7.918	4.194,9 7,5	3,93 0,00	3,45 0,00
R ₁ FV	04 01	1.025 148	4.216,0 4.119,1 19,0 48,6	3,91 3,93 0,01 0,02	3,45 3,46 0,01 0,01
F ₁	04 01	1.740 369	4.187,8 4.168,7 14,6 30,9	3,92 3,92 0,01 0,01	3,44 3,46 0,00 0,01
R ₁ GV	04 01	406 134	4.147,8 3.938,0 29,6 51,2	3,91 3,93 0,01 0,02	3,43 3,46 0,01 0,01
GV	04	14.307	4.092,8 6,2	3,93 0,00	3,46 0,00
SB	06	948	4.480,0 20,0	3,95 0,01	3,40 0,01
R ₁ SB	06 07	1 6	4.243,5 4.547,0 590,0 241,0	3,47 4,01 0,25 0,10	3,28 3,40 0,16 0,07
F ₁	06 07	17 6	4.382,2 4.382,5 143,2 241,0	4,02 3,80 0,06 0,10	3,42 3,34 0,04 0,07
R ₁ RB RB	- 07	- 80	- 4.312,6 66,1	- 3,89 0,03	- 3,40 0,02

gruppen. Den höchsten Eiweißgehalt der Milch hat dagegen das Gelbvieh mit 3,46 %; er liegt hochsignifikant, wenn auch gering (max. 0,06 %) über dem der anderen Rassen. Auffällig ist, daß 5 Kreuzungsgruppen die Milchleistung der Schwarzbunten Reinzuchttiere zum Teil deutlich, wenn auch nicht signifikant, übersteigen. Es sind dies die zwei reziproken Rückkreuzungen auf Schwarzbunte mit 25 % Gelbviehanteil, die F_1 mit Gelbvieh als Mutter- und Schwarzbunten als Vaterterasse, die F_1 zwischen Fleckvieh (♀) und Rotbunten (♂) und die R_1 auf Schwarzbunt mit 25 % Rotbuntenanteil. Die Anzahl der Tiere je Kreuzungsgruppe ist zwar relativ gering, sie liegt aber doch bei 2 Gruppen F_1 (GVSB) und F_1 (FVRB) bei 60 Tieren und die leistungsstärkste Kreuzungsgruppe R_{1SB} (GV) (4.611 kg) besteht immerhin noch aus 28 Tieren.

In Tabelle 77 sind aus den korrigierten, aber nicht gewichteten Mittelwerten der Reinzucht- und der F_1 -Generationen die Heterosiseffekte für Milch-kg, Fett-% und Eiweiß-% für die Einzelkreuzungen und die reziproken Kreuzungen geschätzt. Die Heterosisspanne für Milch-kg reicht bei den Einzelkreuzungen von -74 kg bis +244 kg, bei den reziproken Kreuzungen von -14 kg bis 150 kg. Die höchste Heterosis zeigt die F_1 -Generation aus Gelbvieh und Schwarzbunten, beiden Einzelkreuzungen die F_1 -Kreuzung mit Gelbvieh als Mutter- und Schwarzbunten als Vaterterasse. Die Spanne der Heterosis für Fett-% bei reziproken Kreuzungen erstreckt sich von -0,015 bis +0,02 %, für Eiweiß-% von -0,025 bis +0,02 %, bei beiden Merkmalen waren aber 5 von 6 Kreuzungskombinationen negativ. Die Durchschnittsheterosis über alle 6 F_1 -Kreuzungskombinationen wird in Tabelle 78 geschätzt: Milch-kg 71 kg, Fett-% -0,006 % und Eiweiß-% -0,01 %.

Wie in Kapitel 4.2. beschrieben, wurde für jede Rasse eine allgemeine Kreuzungseignung und für jede Rassenkombination eine spezifische Kreuzungseignung geschätzt. Es zeigt sich dabei, daß Gelbvieh für alle drei Merkmale die deutlich höchste allgemeine

ne Kreuzungseignung der 4 Rassen besitzt und daß bei der spezifischen Kreuzungseignung die Schwarzbunt X Gelbvieh-Kreuzung bei Milch-kg und Fett-% mit deutlichem Abstand an erster Stelle stehen.

In Tabelle 79 sind die Populationsdifferenzen von Fleckvieh, Schwarzbunten und Rotbunten zu Gelbvieh, die 6 verschiedenen Heterosiseffekte nach dem Dominanzmodell und - zusammen mit den 6 verschiedenen Rekombinationsverlusten - nach dem DICKERSON-Modell errechnet. Die Parameter wurden als partielle Regressionskoeffizienten auf die Koeffizienten der Kreuzungsparameter eines jeden Einzeltieres nach Methode 3 geschätzt. Es wurden alle Kreuzungsgruppen - 110 Gruppen waren mit Laktationen besetzt - einbezogen. Während die Populationsdifferenzen gut mit den Werten aus den Differenzen der Reinzuchtgruppenmittelwerte übereinstimmen, zeigen sich zum Teil deutliche Diskrepanzen bei den Ergebnissen für die Heterosiseffekte. Hierzu können zwar auch die Nicht- F_1 -Kreuzungsgruppen beitragen, die Hauptursache liegt aber in der ungleichen Besetzung der reziproken Kreuzungen, die z.T. erheblich ist: z.B. bei der F_1 GV X FV 1 : 4,7, bei der F_1 RB X FV 1 : 3,9 oder bei der F_1 SB X FV 1 : 9,6 (siehe Tabellen 74 - 76). Das bedeutet, daß bei der Schätzung der Heterosis in diesen Fällen nicht annähernd der Durchschnitt der Reziproken errechnet wird, sondern die Heterosis der Zweirassenkreuzung von der zahlenmäßig stärkeren Kombination bestimmt wird. Das führt, wenn sich die reziproken Einzelkreuzungen in der Leistungsfähigkeit stark unterscheiden, zu erheblichen Fehlern. So wird die Heterosis bei den FV X RB und FV X SB-Kreuzungen in Tabelle 79 wohl stark unterschätzt.

Auffallend ist ein deutlicher Positionseffekt bei der Heterosis für Milch-kg. Die aus Tabelle 77 deutlich werdenden Heterosisunterschiede zwischen reziproken Einzelkreuzungen zeigen dabei eine eindeutige Abhängigkeit von der Populationsdifferenz. Es fällt auf, daß die Heterosis dann besonders hoch ausfällt, wenn die leistungsstärkere Rasse als Vatterrasse eingesetzt wird.

Tabelle 77: Heterosiseffekte in der F₁-Generation bei Milchleistungsmerkmalen bei Zweirassenkreuzungen zwischen Gelbvieh, Fleckvieh, Schwarzbunten und Rotbunten

Kreuzungs- kombinationen	H e t e r o s i s					
	Milch-kg		Fett-%		Eiweiß-%	
Mutter Vater	Einzel- Kreuzung	Reziproke Kreuzung	Einzel- Kreuzung	Reziproke Kreuzung	Einzel- Kreuzung	Reziproke Kreuzung
FV GV	24,91	34,46	-0,01	-0,01	-0,015	- 0,015
GV FV	44,00		-0,01		+0,005	
SB GV	54,94	149,45	+0,01	+0,02	-0,03	-0,01
GV SB	243,97		+0,03		+0,01	
RB GV	21,05	56,32	+0,02	-0,005	+0,01	+0,02
GV RB	91,58		-0,03		+0,03	
SB FV	13,06	96,91	0,0	-0,015	-0,035	-0,025
FV SB	180,77		-0,03		-0,015	
RB FV	-73,61	102,02	-0,03	-0,015	-0,025	-0,015
FV RB	277,64		0,0		-0,005	
RB SB	-13,83	-13,96	+0,10	-0,015	+0,02	0,02
SB RB	-14,10		-0,12		-0,06	

Tabelle 78: Allgemeine Heterosis, allgemeine Kreuzungseignung und spezifische Kreuzungseignung bei Zweirassenkreuzungen zwischen Gelbvieh, Fleckvieh, Schwarzbunten und Rotbunten

Rasse, Kreuzungskombination	Milch-kg	Fett-%	Eiweiß-%
<u>Allg. Heterosis</u> = h_A	70,87	-0,006	-0,009
<u>Allgemeine Kreuzungseignung</u> = AKE			
Gelbvieh	+9,21	+0,007	+0,011
Fleckvieh	+6,93	-0,007	-0,006
Schwarzbunte	+6,60	+0,004	-0,009
Rotbunte	-22,74	-0,004	+0,004
<u>Spezifische Kreuzungseignung</u> = SKE			
GV X FV	-44,48	-0,004	+0,002
GV X SB	+70,68	+0,020	-0,002
GV X RB	- 7,79	-0,001	+0,022
FV X SB	+19,28	-0,007	-0,009
FV X RB	+39,06	-0,003	-0,005
SB X RB	-76,76	-0,004	-0,009

Die Rekombinationseffekte in Tabelle 79 sind schwer zu interpretieren. Es zeigt sich, daß bei zu kleinem Untersuchungsmaterial die Bestimmung von Rekombinationsverlusten keinen oder nur beschränkten Wert hat. Aus dem Vorzeichen läßt sich aber eine Aussage über die Leistungsfähigkeit der verschiedenen Rückkreuzungsstufen gewinnen. Das positive Vorzeichen beim Rekombinationseffekt bei den GV X SB-Kreuzungen weist darauf hin, daß die Leistung der Rückkreuzungen über der aus additiven und Heterosiseffekten zu erwartenden Leistungsfähigkeit liegen. Dieses Ergebnis korreliert mit der hohen Leistung der R_{1SB} mit 25 % Gelbviehanteil.

Tabelle 79: Populationsdifferenzen, Heterosiseffekte und Rekombinationsverluste bei Zweirassenkreuzungen zwischen Gelbvieh, Fleckvieh, Schwarbunten und Rotbunten, geschätzt als partielle Regressionskoeffizienten (Methode 3), Milch-kg, 1. Laktation

Kreuzungs- parameter	Dominanzmodell			DICKERSON-Modell		
	Para- meter	Sig.	Standard- fehler	Para- meter	Sig.	Standard- fehler
<u>Populations- differenz</u>						
g(FV)	102,44	+++	8,77	103,66	+++	8,84
g(RB)	199,98	+++	63,10	212,64	+++	63,29
g(SB)	390,02	+++	20,10	388,21	+++	20,25
<u>Heterosis</u>						
h(GV FV)	38,74	++	12,55	40,47	+++	13,44
h(GV SB)	137,50	+++	40,95	117,29	+++	44,23
h(GV RB)	14,70	ns	55,39	60,72	ns	57,73
h(FV SB)	15,68	ns	28,42	29,45	ns	29,93
h(FV RB)	- 1,01	ns	45,23	2,70	ns	46,66
h(SB RB)	13,25	ns	122,73	-13,52	ns	127,33
<u>Rekombinations- verlust</u>						
r(GV SB)				+233,23	ns	204,48
r(GV FV)				- 33,17	ns	57,77
r(GV RB)				-712,98	++	241,29
r(FV SB)				-217,00	ns	156,39
r(FV RB)				-143,87	ns	164,71
r(SB RB)				+477,49	ns	802,47

6. DISKUSSION

HINDEMITH (1976) schätzte die aktive Zuchtpopulation des Gelbviehs im Jahr 1974 auf etwa 33.000 Kühe. Er schätzte Heritabilitäten für Milchleistungsmerkmale. Sie lagen alle innerhalb der von anderen Autoren angegeben Grenzen, waren aber relativ niedrig. HINDEMITH (1976) zieht daraus den Schluß, daß der Anteil der Tiere unter Milchleistungsprüfung unbedingt erhöht werden sollte.

1984 stellt sich die Situation so dar, daß noch etwa 27.500 Gelbviehrefreinzungskühe in MLP-Betrieben in Bayern abkalbten. Die durchschnittliche jährliche Abnahme lag in den letzten Jahren bei etwa 2,0 %. Wenn diese jährliche Abnahme weiterhin so hoch bleibt, werden in etwa 30 Jahren weniger als 15.000 und in 50 Jahren weniger als 10.000 Gelbviehkühe im Jahr abkalben. Der Zusammenhang von Anteil des Gelbviehs an allen geprüften Kühen eines Landkreises und des Gelbviehherdenanteils mit der Verdrängungsgeschwindigkeit deuten aber darauf hin, daß sich die jährliche Abnahme des Gelbviehs noch erhöhen wird.

HINDEMITH weist bereits 1976 darauf hin, daß die weitere Zuchtarbeit bei ständigem Absinken der Gelbviehpopulation immer schwieriger und damit kostspieliger wird.

Es werden folgende Maßnahmen aus den beschriebenen Einflüssen auf die Verdrängung des Gelbviehs abgeleitet:

1. Auffallend ist der deutliche Zusammenhang zwischen der Verdrängung des Gelbviehs mit der Entfernung vom Marktort Würzburg und der Betriebsaufstockung. Beides könnte damit zusammenhängen, daß Gelbviehzuchtmaterial für den weit von Würzburg entfernten Gelbviehzüchter schwer zu beschaffen und auch zu verkaufen ist. Eine Ausnahme mit einer sehr geringen Gelbviehabnahme bildet das relativ weit von Würzburg entfernte Bamberg, in dem

parallel zu Würzburg ein Kälbermarkt durchgeführt wird. Es sollte deshalb meines Erachtens die Wiedereinführung eines dritten und vierten Marktortes, etwa Schweinfurt und Bad Neustadt/Saale in Betracht gezogen werden. Auf diesen Märkten sollten zumindest Zucht- und Mastkälber, und wenn möglich auch weibliche Zuchttiere vermarktet werden.

2. Der Anteil der Kühe unter MLP an der Gesamtpopulation liegt in Unterfranken noch deutlich unter dem Durchschnitt von Gesamtbayern. Trotzdem konnte gezeigt werden, daß die Steigerung der Gelbviehpopulation durch zugehende Betriebe äußerst gering ist. Eventuell kann durch aufwendigere Werbung für die Milchleistungsprüfung in Unterfranken hier noch einiges erreicht werden. Langfristig stellt sich aber die Frage, ob für das Gelbvieh als der am fleischbetontesten Zweinutzungsrasse in Bayern nicht ein finanzieller Anreiz zum Beitritt oder zum Verbleib in der Milchleistungsprüfung geschaffen werden muß.
3. Rechnet man, daß jede Kreuzungstochter einer Gelbviehkuh der Gelbviehpopulation verloren geht, so ist die Bedeutung der Kreuzungszucht für die Gelbviehpopulationsgröße erheblich. Deshalb ist es wichtig, daß der Auswahl der Vater rasse bei der künstlichen Besamung eine bewußte Entscheidung für Rein- oder Kreuzungszucht zugrunde liegt. Es sollte nicht dem Zufall überlassen werden, welche Vater- mit welcher Mutter rasse gepaart wird.
4. Der Unterschied zwischen Gelb- und Fleckvieh in der Differenz zwischen Abgangs- und Remontierungsrate beruht wohl letztlich auf der noch näher zu definierenden Leistungsdifferenz zwischen diesen Rassen. Eine schnellere Leistungssteigerung und Erhöhung der Gesundheit des Gelbviehs könnte dem entgegenwirken. Angesichts der

sehr unterschiedlichen Voraussetzungen in der Populationsgröße wird das Gelbvieh aber einen sehr schweren Stand haben.

Die Leistungsdifferenz für die unkorrigierte Milch-kg-Leistung fällt mit über 300 kg Leistungsdefizit je Laktation in der Reinzucht und über 150 kg als Vatterasse in Kreuzungen deutlich aus, liegt aber unter der Differenz des Gelbviehs zum Gesamtfleckvieh in Bayern, die bei den Vollabschlüssen bei etwa 500 kg liegt (LKV 1983). Bei den Inhaltsstoffen Fett-% und Eiweiß-% weist das Gelbvieh sowohl in der Reinzucht als auch als Vatterasse in Kreuzungen eine Überlegenheit von 0,03 - 0,05 % auf. Das Erstkalbealter des Gelbviehs liegt deutlich unter dem des lokalen Fleckviehs. Inwieweit die Leistungsunterschiede für Milchleistungsmerkmale zwischen Gelbvieh und Fleckvieh genetisch bedingt sind und wie die Leistungsfähigkeit der Kreuzungen einzuschätzen ist, wird im nächsten Abschnitt der Arbeit geklärt.

Wie anhand von Pedigrees gezeigt werden konnte, ist die LKV-Rassenkodierung nicht geeignet, den Genanteil einer Kreuzung zu definieren. Bei zunehmender Bedeutung der Kreuzungszucht könnte es aber von Vorteil sein, durch eine dreistellige Rassenkodierung bei einem Großteil der Tiere auch die Kreuzungsgruppe festzulegen. Denkbar wäre, die bisherige Kodierung beizubehalten und mit einer die Kreuzungsgruppe definierenden 3. Zahlenreihe zu versehen. Durch eine 0 könnten die Tiere markiert werden, die keine ausreichende Elterninformation besitzen, nicht mit genügender Sicherheit zuzuordnen sind oder 3- und Mehrassenkreuzungen angehören. Die Zahlenfolge 1 - 9 könnte dann die in Tabelle 36 und 37 genannten Kreuzungsgruppen von der Reinzucht bis zur F_1 mit fallendem Gengehalt bestimmen (siehe Tabelle 80). Sollten detailliertere Kreuzungsgruppen auftreten, so könnten diese mit einem Fehler von 3,125 %

Genanteil der nächstgelegenen Kreuzungsgruppen zugeordnet werden, z.B. immer der, die der Vatterasse näher liegt.

Tabelle 80: Bestimmung der Kreuzungsgruppe durch eine dreistellige Rassenkodierung am Beispiel der Gelbvieh X Fleckviehkreuzungen

Kodierung	Kreuzungsgruppe	Gelbviehgehalt
01 0	Rz. - R ₂ FV	0 - 12,5 %
01 1	Rz.	0
01 2	R ₃ FV	0 - 6,25
01 3	R ₂ FV	0 - 12,5
11 3	R ₂ FV	12,5 - 25
11 4	R _{1/2} FV	12,5 - 25
11 5	R ₁ FV	12,5 - 25
41 5	R ₁ FV	25,0
41 6	W ₂ FV	31,25
41 7	W ₁ FV	37,5
41 8	R ₂ GV/1FV	43,75
41 9	F ₁ FV	50,0
41 0	F ₁ FV - R ₁ FV	25,0 - 50,0
14 9	F ₁ GV	50,0
14 8	R ₂ FV/1GV	56,25
14 7	W ₁ GV	62,5
14 6	W ₂ GV	68,75
14 5	R ₁ GV	75,0
44 0	R ₁ GV - R ₂ GV	75,0 - 87,5
44 5	R ₁ GV	75,0
44 4	R _{1/2} GV	81,25
44 3	R ₂ GV	87,5
04 3	R ₂ GV	87,5
04 2	R ₃ GV	93,75
04 1	Rz.	100,0

Bei der Auswertung von Kreuzungsexperimenten ist die Wahl des Auswertungsmodells von entscheidender Bedeutung. Wie im Literaturteil (Kap. 2.3.6.) dargestellt, ist die Frage nach der Ursache von Heterosiseffekten und die Erklärung von Leistungsdifferenzen zwischen Kreuzungsgruppen keineswegs erschöpfend geklärt. Während früher bei der Auswertung von Rinderkreuzungsversuchen fast nur das Dominanzmodell angewandt wurde, findet in den 70er Jahren zunehmend das DICKERSON-Modell Anwendung (SCHULTE-CORNE, 1976; CLEMENT, 1978; SCHMIDLIN, 1979 und BOIE, 1982). Die Ergebnisse für den Rekombinationsverlust konnten aber oft nicht befriedigen, da v.a. bei Feldmaterialauswertungen "unphysiologisch" hohe Werte auftraten (Tabelle 31). In letzter Zeit gelangten weitere Modelle (Kap. 2.3.2. - 2.3.5.) in die Diskussion. Diese Modelle bauen in der Regel auf den 2-Locusinteraktionen der 9 möglichen 2-Locusgenotypen in einem diallelen Modell auf. Die vollen Modelle sind deshalb nur anwendbar, wenn auch alle 9 Genotypen im Kreuzungsexperiment enthalten sind, dies ist aber nur der Fall, wenn zumindest bei einer Kreuzungsgruppe beide Eltern Kreuzungstiere sind. HILL (1981) und KOCH et al. (1985) weisen außerdem darauf hin, daß es mit jedem zusätzlichen Parameter immer schwieriger wird, aussagekräftige (signifikante) Ergebnisse zu erhalten, zumal auch die Koeffizienten in manchen Modellen sehr klein sind. Es ist deshalb in manchen Experimenten nötig (ohne F_2 oder ähnliche Kreuzungsgruppen) und in anderen zumindest zweckmäßig, sich auf einen oder wenige epistatische Parameter zu beschränken. Es konnte gezeigt werden, daß alle Modelle mit einem epistatischen Effekt unabhängig von der genetischen Hypothese, nach der die Koeffizienten entwickelt wurden, sich im Endeffekt auf drei Modelle reduzieren lassen. Diese betrachten die epistatischen Effekte additiv X additiver-, additiv X Dominanz- und Dominanz X Dominanzeffekt jeweils isoliert. Durch "symmetrische" Variation der Anzahl der Kreuzungsgruppen wurde versucht, die beste Auswertungsmethode zu finden.

Diese Methode hat gezeigt, daß die Ergebnisse für die Kreuzungsparameter bei Berechnungen mit unterschiedlich vielen Kreuzungsgruppen dann deutlich am geringsten differieren, wenn die Koeffizienten der epistatischen Effekte in der Reinzucht und der F_1 -Generation Null und in der R_1 -Generation am größten sind. Dies ist im Modell von DICKERSON (r), in Hypothese e_y bei KINGHORN oder bei der isolierten Betrachtung von additiv X Dominanzeffekten der Fall. Die Vorteile gegenüber dem reinen Dominanzmodell sind aber sehr gering.

In der Literatur gibt es bisher wenige Experimente, die die verschiedenen genetischen Modelle miteinander vergleichen. BRADE (1984) zeigt zwar, daß sich für Heterosis und Rekombinationsverlust bei Verwendung unterschiedlicher Geflügelkreuzungsgruppen unterschiedliche Werte ergaben, vergleicht dieses Modell aber nicht direkt mit anderen Modellen, die nur einen epistatischen Effekt beinhalten. JAKUBEC (1985) findet mit Hilfe des χ^2 -Testes auf die Güte der Anpassung der Daten an das statistische Modell das Dominanzmodell für die Auswertung eines Kaninchenkreuzungsversuches für angemessen. KINGHORN (1983) ermittelt in einem Mäusekreuzungsversuch, daß der additiv X additiven Interaktion die größte Bedeutung zuzumessen ist. Es zeigt sich also, daß noch einige Versuche nötig sind, um die Frage der Bedeutung von epistatischen Effekten und der Beschreibung der Art dieser Effekte zumindest annähernd zu beantworten; immer empfiehlt es sich aber, bei der Auswertung von Kreuzungsversuchen auch die Angemessenheit des Auswertungsmodells zu testen.

Die Ermittlung der Populationsdifferenzen des Gelbviehs zu den in den selben Betrieben stehenden Tieren des Fleckviehs, der Rotbunten und der Schwarzbunten, ergibt eine signifikante und deutliche Unterlegenheit des Gelbviehs, was die Milch-kg-Leistung betrifft; im Fettgehalt bestehen keine Unterschiede, im Eiweißgehalt ist das Gelbvieh signi-

fikant überlegen. Mit 100 bis 120 kg Unterschied zum Fleckvieh in der 1. Laktation, sogar weniger in der 2. und 3. Laktation und 150 kg Differenz bei Berücksichtigung aller Laktationen und Korrektur auf Laktation als fixem Effekt fällt der Unterschied aber deutlich geringer aus als bei unkorrigierten Leistungen. Als Ursachen kommen in Frage, daß es sich aufgrund der Forderung nach Vorhandensein eines Pedigrees um ein Teilmaterial handelt (ca. 60 %) und sich die verschiedenen Korrekturen auf systematische Effekte zugunsten des Gelbviehs auswirken. So wird die Korrektur auf das Erstkalbealter mit Sicherheit die Leistungsdifferenz verringern, auch die Korrektur auf den Einfluß der Region und des Betriebes mögen hierbei eine Rolle spielen.

Alle gefundenen Heterosiseffekte für Milchleistungsmerkmale stimmen mit der Mehrzahl der in der Literatur gefundenen Ergebnisse sehr gut überein (vgl. Tabelle 26 - 30). Die Heterosiseffekte für Milch-, Fett- und Eiweiß-kg fallen bei Gelbvieh X Fleckviehkreuzungen dabei ausgesprochen gering aus, so daß eine Kreuzung Gelbvieh X Fleckvieh zur Erzielung von Heterosiseffekten für Milchleistung keine großen Vorteile ergibt. Beide F_1 -Kreuzungsgruppen unterscheiden sich aber mit etwa 75 bzw. 95 kg Milch signifikant von der Gelbviehrefinanzucht und nicht mehr signifikant von der Fleckviehrefinanzucht.

Deutlich höher fällt die Heterosis bei der Kreuzung von Gelbvieh mit Schwarzbunten aus, mit etwa 115 - 150 kg Milch. Mit etwa 250 kg Milch ist die Heterosis bei F_1 -Töchtern, die von Gelbviehmüttern und Vätern der Rasse Schwarzbunt stammen, außerordentlich hoch. Ein positiver Rekombinationseffekt weist darauf hin, daß auch die Rückkreuzungen nichts von ihrer durch Heterosis bedingten Leistungsfähigkeit verlieren. Da die Tierzahlen in den außerordentlich leistungsfähigen Gelbvieh X Schwarzbunt-Kreuzungsgruppen aber insgesamt relativ gering waren, bedarf es, um eine endgültige Aussage über die spezifische Kreuzungseignung von Schwarzbunten

und Gelbvieh treffen zu können, noch weiterer Untersuchungen. Es deutet sich aber zumindest an, daß, wenn der Heterosiseffekt für Milchleistung ausgenutzt werden soll, sich die Kreuzungskombination Gelbviehmutter X Schwarzbuntvater anbietet, wobei natürlich die Auswirkungen auf die Mastleistung zu berücksichtigen sind. Nach LONG (1980) sind aber auch bei der Mastleistung Heterosiseffekte zu erwarten. In diesem Zusammenhang ist auch der Einsatz von Gelbviehbullen auf Schwarzbunkühen interessant, Untersuchungen darüber stehen aber noch aus. Die hohe allgemeine Kreuzungseignung des Gelbviehs könnte zumindest zum Teil seine Erklärung in der eventuell schon vorhandenen größeren Inzucht in der relativ kleinen Gelbviehpopulation finden.

Insgesamt fällt die geringe Heterosis auf zwischen Kreuzungen aus Rotbunten und Schwarzbunten, sowie zwischen Gelbvieh und Fleckvieh; demgegenüber steht eine höhere Heterosis, wenn die "Niederungsrassen" mit den "Höhenrassen" gekreuzt werden. Das weist recht deutlich auf die enge Verwandtschaft zwischen Gelbvieh und Fleckvieh hin. Die Erklärung liegt in dem so entscheidenden Einfluß von Simmentalergenen bei der Entstehungsgeschichte des Deutschen Gelbviehs im letzten Jahrhundert. Die bestehende Populationsdifferenz zum Fleckvieh dürfte vor allem auf die Ausgangsrasse des Gelbviehs, das altfränkische rote Rind, zurückzuführen sein und weniger auf die von PIRCHNER (1976) erwähnte Einkreuzung von Niederungsvieh im letzten Jahrhundert, dessen Einfluß auf das Gelbvieh in etwa dem Einfluß des Niederungsviehs über die Kreuzungsrasse Ansbachervieh auf das mittelfränkische Fleckvieh gleichzusetzen sein dürfte.

Während in früheren Feldauswertungen (SCHULTE-COERNE, 1976; CLEMENT, 1978; SCHMIDLIN, 1979) sehr hohe negative Werte für den Rekombinationsverlust gefunden werden, die von den Autoren selbst als nicht biologisch sinnvoll angesehen werden, liegen die in dieser Arbeit gefundenen Werte bei den Gelbvieh X Fleckviehkreuzungen in realistischen Bereichen.

Die absoluten Werte des Rekombinationsverlustes sind aber wenig aussagekräftig, da sie sich in den parallelen Modellen von KINGHORN (β_1 und e_y) in Abhängigkeit von den Koeffizienten des Modells halbieren oder verdoppeln. Mit einer Ausnahme waren alle gefundenen Werte nicht signifikant

7. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wird eine Beschreibung der Gelbviehpopulation und seiner Leistungsentwicklung in den MLP-Jahren 1980 bis 1984 gegeben. Da Kreuzungszucht im Gelbviehzuchtgebiet eine große Rolle spielt, werden verschiedene Kreuzungskombinationen eingehend analysiert. Genetische und statistische Modelle zur Auswertung von Kreuzungsversuchen und Feldmaterial werden im Literaturteil ausführlich besprochen. Insbesondere finden die genetischen Modelle von DICKERSON, MATHER und JINKS, HILL, KINGHORN sowie SHERIDAN Berücksichtigung.

Den eigenen Auswertungen liegt Datenmaterial des LKV in Bayern e.V. zugrunde. Es werden alle Betriebe in Franken erfaßt, in denen in den genannten Jahren mindestens ein Tier mit der Rassenkodierung für Gelbviehrefinanzierung oder -kreuzung abkalbte. Dabei werden folgende Ergebnisse erzielt:

1. Das Deutsche Gelbvieh befindet sich heute mit etwa 27.000 Abkalbungen (vom LKV registriert) im Jahr und einer jährlichen Abnahme von etwa 2,0 % in einer akuten Verdrängungssituation. Der Gelbviehanteil an allen geprüften Tieren liegt nur noch in wenigen Landkreisen um Würzburg über 50 %. Einen forcierenden Einfluß auf die Verdrängung des Gelbviehs haben folgende Faktoren:

- eine große Entfernung vom Markttort Würzburg
- eine niedere Anzahl von Gelbviehtieren und eine geringe Dichte der Gelbviehpopulation in einem Landkreis
- die Zunahme der Kreuzungszucht
- die hohe Abgangsrate des Gelbviehs
- eine schnelle Betriebsaufstockung und ein niederer Anteil von Gelbviehtieren am Herdenbestand.

Zur Verminderung einer weiteren Abnahme der Zuchtpopulation des Gelbviehs, die eine erfolgreiche Zuchtarbeit immer schwieriger macht, wird vorgeschlagen:

- die Wiedereinführung weiterer Marktorte in den entlegeneren Gelbviehzuchtgebieten
- die Schaffung von Anreizen für Gelbviehhalter, der MLP beizutreten bzw. zu verbleiben
- das Hinwirken auf eine bewußtere Auswahl der Rasse des Bullen bei der künstlichen Besamung.

2. Es wird die genetische Struktur des Untersuchungsmaterials mit Hilfe der Erstellung von Rassenpedigrees untersucht. Es zeigt sich folgendes:

- bei etwa 70 % der Laktationen ist die Rasse von beiden Eltern bekannt
- der Gelbviehgenteil in der Gelbviehkodierung (04) liegt bei über 99,5 %
- der Gelbviehgenteil in der Fleckviehkodierung (01) des untersuchten Fleckviehs ist auf etwa 2,0 % zu schätzen
- der Fremdgehalt in den Kreuzungskodierungen ist stark von der Verdrängungssituation abhängig, die ihren Ausdruck findet im Verhältnis der Zahl der Väter zur Zahl der Mütter einer Rasse in der F_1 -Generation
- durch die LKV-Rassenkodierung ist keine genaue Zuordnung zu einer Kreuzungsgruppe möglich, zur Auswertung von Feldmaterial ist deshalb das Erstellen von Pedigrees nötig.

Es wird eine dreistellige Rassenkodierung vorgeschlagen, die eine genauere Zuordnung zu einer Kreuzungsgruppe erlaubt.

3. Die Bestimmung von Kreuzungsparametern wird mit LSQ-Methoden durchgeführt. Sie werden aus Linearkombinationen von LSQ-Kreuzungsgruppenmittelwerten und als partielle Regressionskoeffizienten auf die Koeffizienten der Kreuzungsparameter aus Einzelbeobachtungen geschätzt.

Verschiedene Modelle zur Auswertung von Kreuzungseffekten werden miteinander verglichen, indem die relative Änderung der Ergebnisse für die Kreuzungsparameter bei einer "symmetrischen" Variation der Anzahl der Kreuzungsgruppen verglichen wird. Die beste Übereinstimmung zeigen die Modelle, in denen der Koeffizient für den epistatischen Effekt in der Reinzucht und der F_1 -Generation am kleinsten und in der R_1 -Generation am größten ist: DICKERSON-Modell, Hypothese e_y bei KINGHORN und additiv X dominante Effekte. Der Vorteil gegenüber dem reinen Dominanzmodell ist gering.

Die Auswertung der LSQ-Reinzucht und -Kreuzungsgruppenmittelwerte und die Schätzung der Kreuzungsparameter ergibt:

- Die genetische Differenz zwischen Gelbvieh und untersuchtem Fleckvieh ist mit 100 bis 150 kg Milch geringer als beim Vergleich der unkorrigierten Laktation, die Differenz ist signifikant.
- Das Gelbvieh ist die Rasse mit dem höchsten Eiweißgehalt.
- Die Milchleistungen der reziproken F_1 -Generationen von Gelbvieh X Fleckviehkreuzungen liegen mit 75 bzw. 95 kg Milch signifikant über der Gelbviehleistung und unterscheiden sich nicht signifikant von der Fleckviehleistung.
- Die Leistung der F_1 -Kreuzung Gelbvieh (ϕ) X Schwarzbunt (σ^1) liegt über der Leistung der Reinzucht der Rasse Schwarzbunt; allerdings ist die Anzahl der Tiere in dieser Gruppe mit 59 Tieren relativ gering.
- Die Heterosis bei Gelbvieh X Fleckviehkreuzungen liegt bei etwa 40 Milch-kg.
- Gelbvieh hat die größte allgemeine Kreuzungseignung; die höchsten Heterosiseffekte ergeben sich bei der Kreuzungskombination Gelbvieh X Schwarzbunt ; je nach Auswertungs-

methode beträgt die Heterosis 117 bis 150 kg Milch; in der Kreuzungskombination Gelbvieh (♀) X Schwarzbunt (♂) liegt die Heterosis bei 250 kg.

- Die Heterosis für Milchinhaltsstoffe ist gering.
- Die epistatischen Effekte sind in der Regel nicht signifikant.
- Die Höhe der Heterosis und die geschichtliche Information weisen auf eine relativ enge genetische Verwandtschaft von Gelb- und Fleckvieh hin.

8. SUMMARY

Purebreeding and Crossbreeding in the Population of German Gelbvieh in 1980 to 1984 - Estimation of Crossbreeding Parameters Using Different Genetic Models

A description of the Gelbvieh-population and the development of its performance during the milk recording years 1980 to 1984 is given. Owing to the importance of crossbreeding in the area where Gelbvieh is bred, different combinations of crossbreeds were examined in detail. Genetic and statistical models for the evaluation of crossbreeding experiments and field-trials are exhaustively described in the literature. Particularly the models of DICKERSON, MATHER and JINKS, HILL, KINGHORN and SHERIDAN are considered.

This analysis is based on data obtained from the LKV in Bavaria. All herds in Franconia were taken into account in which at least one cow-calving in the years mentioned above had been coded as purebred- or crossbred-Gelbvieh. Following results have been obtained:

1. Today around 27,000 purebred cows of German Gelbvieh are calving per year (recorded by the LKV) and this number decreases 2 % each year, therefore German Gelbvieh is in an acute situation of displacement. Only in some districts in the vicinity of Würzburg more than 50 % of the cows under the milk recording are purebred Gelbvieh. These factors have an important influence on the displacement of German Gelbvieh:

- a high distance to Würzburg, the market-centre of Gelbvieh
- a low number of cows and a low density of the population of Gelbvieh in a district

- the increase of crossbreeding
- the high rate of reduction in Gelbvieh
- a rapid increase in the size of the herd and a low share of Gelbvieh cows in a herd.

These suggestions are made to diminish a further decrease in the breeding population of Gelbvieh, because successful breeding will become more and more difficult:

- the reorganisation of further markets in more remote areas of Gelbvieh breeding
- the provision of incentives for owners of Gelbvieh to join or to stay in milk recording
- to strive towards a more conscientious selection of the breed of the bull in artificial insemination.

2. The genetic structure of the investigated material was examined by building up breed-pedigrees. It could be shown:

- the breed of both parents is known in approximately 70 % of the recorded lactations
- the code of purebred Gelbvieh (04) represents more than 99,5 % Gelbvieh genes
- there are about 2,0 % Gelbvieh genes in the examined Fleckvieh coded as purebred Fleckvieh (01)
- the distribution of the genes of different breeds in a crossbred code depends heavily on the situation of displacement which is expressed by the ratio of the number of fathers and mothers of a breed in the F_1 -generation
- the LKV-codes are not able to assign individual animals to genetically defined crossbred groups, it is therefore necessary for the evaluation of field-investigations to build up pedigrees.

A code consisting of three figures is suggested, which would allow a more definite classification of crossbreds.

3. LSQ-procedures are used to estimate the crossbreeding parameters. They were estimated from linear combinations of LSQ-crossbred means and as partial regression coefficients to the expected coefficient of the crossbreeding parameter for each single observation.

Different models of evaluation of crossbreeding parameters are compared by examination of the relative change in the results of the genetic effects, if the number of crossbred groups is varied in a "symmetric" way. These models have shown the best correspondance, in which the coefficient of the epistatic effect is a minimum in the purebred- and the F_1 -crossbred group, and a maximum in the R_1 -generation: the model of DICKERSON, hypothesis e_y of KINGHORN and additive X dominant effects. There is little advantage over the model considering dominance only.

The evaluation of purebred and crossbred means and the estimation of crossbreeding parameters show the following results:

- the genetic difference between Gelbvieh and the local Fleckvieh turned out to be 100 to 150 kg milk and therefore to be less than the results estimated of uncorrected milk yield, but the difference is highly significant
- Gelbvieh shows the highest protein-%
- the milk yield of the two reciprocal F_1 -crossbreds between Gelbvieh and Fleckvieh is 75 and 95 kg milk respectively and differs significantly from the milk yield of Gelbvieh but not of that of Fleckvieh
- the milk production of the F_1 -crossbreds Gelbvieh (♀) X Schwarzbunt (♂) is higher than the milk production of purebred Schwarzbunt, but the number of animals in this group is relatively small, only 59 animals

- the heterosis of Gelbvieh X Fleckvieh crossbreds is about 40 kg milk
- Gelbvieh shows the greatest general combining ability, the highest heterosis is evolved in the crossbred combination Gelbvieh X Schwarzbunt, depending on the method of evaluation, the heterosis is 117 to 150 kg milk, in the combination Gelbvieh (♀) X Schwarzbunt (♂) the heterosis is about 250 kg
- the heterosis for milk fat and protein is small
- epistatic effects are not significant
- the amount of heterosis and the historical information indicate a relatively close genetic relationship between Gelbvieh and Fleckvieh.

9. LITERATURVERZEICHNIS

- | | | |
|--|--------|--|
| ANDRESEN, H. und
F. CHRISTENSEN | (1981) | Physiological explanations of heterosis. 32nd Annual Meeting of the E.A.A.P., 1981, Zagreb. |
| AVERDUNK, G.,
A. GOTTSCHALK,
H. KRÄUSSLICH und
E. SCHWARZ | (1974) | Performance of Red Holstein Friesian X Fleckvieh crosses in Bavaria. Proceedings of the Working Symposium on Breed Evaluation and Crossing Experiments with Farm Animals, 1974, Zeist. |
| BARLOW, R. | (1981) | Experimental evidence for interaction between heterosis and environment in animals. Anim. Breed. Abstr., 49, 715-737. |
| BATRA, T.R. und
R.W. TOUCHBERRY | (1974) | Birth weight and gestation period in purebred and crossbred dairy cattle. J. Dairy Sci., 57, 323-327. |
| BAUER, S. | (1846) | Programm zur Preisverteilung der Realschule zu Würzburg, zitiert von ZIPPELIUS, 1893. |
| BERESKIN, B. und
R.W. TOUCHBERRY | (1966) | Crossbreeding dairy cattle. III. First-lactation production. J. Dairy Sci., 49, 659-667. |
| BIEDERMANN, G. und
E. GRANZ | (1976) | Rinderproduktion. Verlag Paul Parey, Hamburg - Berlin. |
| BOIE, D. | (1982) | Kreuzungseffekte bei Kühen nach der Paarung von Holstein-Friesian mit schleswig-holsteinischen Schwarzbunten, Dissertation, Kiel. |
| BOIE, D. und
H.O. GRAVERT | (1983) | Kreuzungseffekte bei Kühen nach der Paarung Holstein-Friesian X Schwarzbunt? Züchtungskunde, 55, 177-185. |
| BRADÉ, W. | (1984) | Untersuchungen zum Heterosis-zuwachs und Rekombinationsverlust bei wirtschaftlich inter- |

- essierenden Merkmalen weißer Leghornhennen.
Arch. Tierzucht, Berlin, 27, 361-370.
- BRANDT, G.W., (1966) Effects of crossbreeding on
C.C. BRANNON, production traits in dairy
W.R. HARVEY und cattle.
R.E. McDOWELL J. Dairy Sci., 49, 1249-1253.
- BRANDT, G.W., (1974) Production of milk and milk
C.C. BRANNON und constituents by Brown Swiss,
W.E. JOHNSTON Holsteins and their cross-
breds.
J. Dairy Sci., 57, 1388-1393.
- BRUNS, E. (1975) Statistical analysis of cross-
breeding experiments in pigs.
26th Annual Meeting of the
E.A.A.P., 1975, Warschau.
- CASTLE, W.E. (1919) Inheritance of quantity and
quality of milk production in
dairy cattle.
Proc. nat. Acad. Sci. (Wash.),
5, 428, zit. von ROBERTSON,
1949.
- CLEMENT, A. (1978) Rassendifferenz, Heterosis
und genetische Varianz bei Braun-
vieh - Brown Swiss-Kreuzungen.
Dissertation, Weihenstephan--
München.
- COCKERHAM, C.C. (1954) An extension of the concept
of partitioning hereditary
variance for analysis of co-
variances among relatives when
epistasis is present.
Genetics, 39, 859-882.
- CUNDIFF, L.V. (1970) Experimental results on cross-
breeding cattle for beef pro-
duction.
J. Anim. Sci., 30, 694-705.
- CUNDIFF, L.V., (1974a) Effects of heterosis on re-
K.E. GREGORY und production in Hereford, Angus
R.M. KOCH und Shorthorn cattle.
J. Anim. Sci., 38, 711-727.
- CUNDIFF, L.V., (1974b) Effects of heterosis on mater-
K.E. GREGORY, nal performance and milk pro-
F.J. SCHWULST und duction in Hereford, Angus and
R.M. KOCH Shorthorn cattle.
J. Anim. Sci., 38, 728-745.

- CUNDIFF, L.V., (1981) Characterization of biological
R.M. KOCH, types of cattle - cycle II.
K.E. GREGORY und IV. Postweaning growth and
G.M. SMITH feed efficiency of steers.
J. Anim. Sci., 53, 332-346.
- CUNNINGHAM, E.P. (1981) Theoretical aspects of diffe-
rent crossbreeding structures.
32nd Annual Meeting of the
E.A.A.P., 1981, Zagreb.
- CUNNINGHAM, E.P. (1982) The genetic basis of hetero-
sis. Proceedings Second World
Congress on Genetics Applied
to Livestock Production,
1982, Madrid.
- CUNNINGHAM, E.P. (1983) Structure of Dairy Cattle Breed-
ing in Western Europe and
Comparison with North America.
J. Dairy Sci., 66, 1579-1587.
- DICKERSON, G.E. (1969) Experimental approaches in utiliz-
ing breed resources.
Anim. Breed. Abstr., 37, 191-
202.
- DICKERSON, G.E. (1973) Inbreeding and heterosis in
animals.
Proceedings of the Animal Breed-
ing and Genetic Symposium in
Honour of Dr. J.L. Lush,
A.S.A.S., A.D.S.A., Champaign,
Ill. 61820, 54-77.
- DICKERSON, G.E. (1974) Evaluation and utilization of
breed differences.
Proceedings of the Working
Symposium on Breed Evalua-
tion and Crossing Experiments
with Farm Animals, 1974, Zeist.
- DONALD, H.P., (1977) Estimations of heterosis in
D. GIBSON und crossbred dairy cattle.
W.S. RUSSELL Anim. Prod., 25, 193-208.
- DZAPO, V. und (1983) Mitochondrialer Stoffwechsel
R. WASSMUTH und heterotische Effekte beim
Schwein II. Atmungsaktivität
und oxidative Phosphorylierung in
Herz-, Leber- und Hodenmito-
chondrien.
Z. Tierz. Züchtungsbiol., 100,
280-295.

- ESSL, A. (1976) Zur theoretischen Verteilung des Fremdgenanteils in verschiedenen Kreuzungsgenerationen.
Z. Tierz. Züchtungsbiol., 93, 217-225.
- FALCONER, D.S. (1981) Einführung in die Quantitative Genetik.
Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- FEWSON, D. (1973) Beitrag zur Methodik von Einkreuzungen in Reinzuchtpopulationen.
Z. Tierz. Züchtungsbiol., 90, 113-125.
- FEWSON, D. (1976) Zuchtplanung zur Ausnutzung der Variation zwischen Reinzucht- und Kreuzungspopulationen. Skriptum einer Vorlesung, Institut für Tierhaltung und Tierzüchtung, Hohenheim.
- FEWSON, D. (1980) Inzucht und Fremdzucht. Comberg, Tierzüchtungslehre. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 193-214.
- FEWSON, D.,
A. OTT und
H. SCHULTE-COERNE (1975) Einkreuzung von Brown-Swiss-Tieren aus den USA in das württembergische Braunvieh. Züchtungskunde, 47, 382-392.
- FIMLAND, E.A. (1975a) Estimation of sire's breeding value.
II. Procedure for estimations of crossbreeding parameters in regular A.I. breeding scheme. Z. Tierz. Züchtungsbiol., 92, 1-9.
- FIMLAND, E.A. (1975b) Estimation of sire's breeding value.
III. An iterative procedure for estimation of linear parameters and heteroscedastic variances simultaneously. Z. Tierz. Züchtungsbiol., 92, 10-16.
- FIMLAND, E.A. (1976) Estimating crossbreeding parameters when two breeds utilize common breeding animals. Ann. Génét. Sél. Anim., 8, 301-302.

- FISCHER, H.E. (1978) Heterosis.
Genetik, Grundlagen, Ergebnisse
und Probleme in Einzeldarstel-
lungen, Beitrag 9, Verlag
Gustav Fischer, Jena.
- FRAAS, K. (1852) Die Rindviehrazen Deutschlands,
deren Schläge und Stämme.
Anhang zur "Schule des Land-
baues", Literarisch-artisti-
sche Anstalt, München.
- FRAAS, K. und (1853) Bayern's Rinderrazen, Schläge
B. ADAM und Stämme. Pössenbacher'sche
Buchdruckerei, München.
- FRAHM, K. (1982) Rinderrassen in den Ländern
der Europäischen Gemeinschaft,
Verlag Ferdinand Enke, Stutt-
gart.
- GARDNER, C.O. und (1966) Analysis und interpretation
S.A. EBERHART of the variety cross diallel
and related populations.
Biometrics, 22, 439-452.
- GRAML, R. und (1981) Heterosis bei Fleckvieh -
F. PIRCHNER Pinzgauerkreuzungen.
32nd Annual Meeting of the
E.A.A.P., 1981, Zagreb.
- GRAML, R. und (1984) Heterosis bei Kreuzungen zwi-
F. PIRCHNER schen bayerischen Rinderras-
sen.
Züchtungskunde, 56, 3-10.
- GREGORY, K.E., (1978) Characterization of Biological
L.V. CUNDIFF, G.M. SMITH, types of cattle - cycle II:
D.B. LASTER und I. Birth and weaning traits.
H.A. FITZHUGH, Jr. J. Anim. Sci., 47, 1022-1030.
- GUTBROD, H. (1924) Beitrag zur Geschichte des
gelben Frankenviehs.
Landwirtschaftliches Jahrbuch
für Bayern, 14 (4), 1-32.
- HARVEY, W.R. (1976) Instructions for use of LSML
(Least-Squares and Maximum
Likelihood general purpose pro-
gram), Ohio State University.
- HIERL, H.F. (1976) Beziehungen zwischen dem He-
terozygotiegrad, geschätzt
aus Markergenen, und der Frucht-
barkeit beim Rind.
Theo. Appl. Genetics, 47, 69-75.

- HILL, W.G. (1981) The genetic basis of heterosis. 32nd Annual Meeting of the E.A.A.P., 1981, Zagreb.
- HILL, W.G. (1982) Dominance and epistasis as components of heterosis. Z. Tierz. Züchtungsbiol., 99, 161-168.
- HINDEMITH, A.K.A. (1976) Genetisch-statistische Auswertungen an Milchleistungsmerkmalen beim Deutschen Gelbvieh. Dissertation, Weißenstephan - München.
- HOCKING, P.M. und J.C. BOWMAN (1979) Hybrid vigour for milk production in commercial dairy herds. 30th Annual Meeting of the E.A.A.P., 1979, Harrogate.
- JAKUBEC, V. (1981) Components of heterosis. 32nd Annual Meeting of the E.A.A.P., 1981, Zagreb.
- JAKUBEC, V. und J. HYÁNEK (1982) Quantitative analysis of components of hybridisation. Livestock Prod. Sci., 9, 639-651.
- JAKUBEC, V., J. RAFAY, E. RAHÁČEK und V. PARKÁNYI (1985) Analysis of gene action in the control of body weight from birth to 84 days of age in the rabbit. Z. Tierz. Züchtungsbiol., 102, 285-291.
- KACSER, H. und J.A. BURNS (1981) The molecular basis of dominance. Genetics, 97, 639-666.
- KEMPTHORNE, O. (1957) An Introduction to Genetical Statistics. Verlag Wiley, New York.
- KIDD, K.K. und F. PIRCHNER (1971) Genetic relationships of Austrian cattle breeds. Anim. Blood Grps. biochem. Genet., 2, 145-158.

- KIDD, K.K.,
D. OSTERHOFF,
L. ERHARD und
W.A. STONE (1974) The use of genetic relationships among cattle breeds in the formulation of rational breeding policies: an example with South Devon (South Africa) and Gelbvieh (Germany). Anim. Blood Grps. biochem. Genet., 5, 21-28.
- KINGHORN, B. (1980) The expression of "Rekombination Loss" in quantitative traits. Z. Tierz. Züchtungsbiol., 97, 138-143.
- KINGHORN, B. (1982) Genetic effects in crossbreeding. I. Models of merit. Z. Tierz. Züchtungsbiol., 99, 59-68.
- KINGHORN, B. (1983) Genetic effects in crossbreeding. III. Epistatic loss in crossbred mice. Z. Tierz. Züchtungsbiol. 100, 209-222.
- KOCH, R.M.,
G.E. DICKERSON,
L.V. CUNDIFF und
K.E. GREGORY (1985) Heterosis retained in advanced generations of crosses among Angus and Hereford cattle J. Anim. Sci., 60, 1117-1132.
- KÖGEL, S.G.,
AVERDUNK und
A. MAGER (1975) Kreuzung "Red Holstein Friesian X Deutsches Fleckvieh" - bisherige Ergebnisse in Bayern. Züchtungskunde, 47, 373-381.
- KRÄUSSLICH, H. (1975) Möglichkeiten der Kreuzungszucht in der bayerischen Fleckviehpopulation. Bayerisches landwirtschaftliches Jahrbuch, 52, 649-654.
- KRÄUSSLICH, H. (1981) Rinderzucht. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- KRONACHER, K. (1905) Das gelbe Frankenvieh. Schrift zur landwirtschaftlichen Kreisversammlung und der Bezirkstierschau, Neustadt a. Saale.
- KRONACHER, K. (1911) Die Entwicklung der bayerischen Rindviehzucht. Verlag M & H Schaper, Hannover.

- LASTER, D.B.,
G.M. SMITH und
K.E. GREGORY (1976) Characterization of biological types of cattle IV. Postweaning growth and puberty of heifers.
J. Anim. Sci., 43, 63-70.
- LASTER, D.B.,
G.M. SMITH,
L.V. CUNDIFF und
K.E. GREGORY (1979) Characterization of biological types of cattle (cycle II) II. Postweaning growth and puberty of heifers.
J. Anim. Sci., 48, 500-507.
- LEGATES, J.E. (1966) Crossbreeding of cattle.
World Rev. Anim. Prod., 2, 69-74.
- LONG, C.R. (1980) Crossbreeding for beef production: experimental results.
J. Anim. Sci., 51, 1197-1221.
- MacNEIL, M.D.,
C.A. DINKEL und
L.D. Van VLECK (1982) Individual and maternal additive and heterotic effects on 205-day weight in beef cattle.
J. Anim. Sci. 54, 951-956.
- MASON, I.L. (1966) Hybrid vigour in beef cattle.
Anim. Breed. Abstr. 34, 453-471.
- MATHER, K. (1967) Complementary and duplicate gene interactions in biometrical genetics.
Heredity, 22, 97-103.
- MATHER, K. und
J.L. JINKS (1982) Biometrical genetics.
4. Auflage Verlag Chapman und Hall, London - New York.
- MAYRHOFER, G. und
E. DWORAK (1983) Über den Hererozygotiegrad bei Rind und Pferd.
Wien. tierärztl. Mschr., 70, 27-29.
- MCDOWELL, R.E. und
B.T. MCDANIEL (1968a) Interbreed matings in dairy cattle. I. Yield traits, feed efficiency, type and rate of milking.
J. Dairy Sci., 51, 767-777.
- MCDOWELL, R.E. und
B.T. MCDANIEL (1968b) Interbreed matings in dairy cattle. III. Economic aspects.
J. Dairy Sci., 51, 1649-1658.

- McDOWELL, R.E., (1970) Interbreed matings in dairy
G.V. RICHARDSON, cattle. V. Reproductive
B.E. MacKEY und performance.
B.T. McDANIEL J. Dairy Sci., 53, 757-763.
- McDOWELL, R.E., (1974) Reproductive efficiency of
J.A. VALASCO, purebred and crossbred dairy
L.D. Van VLECK, cattle.
J.C. JOHNSON, J. Dairy Sci., 57, 220-234.
G.W. BRANDT, B.F. HOLLON
und B.T. McDANIEL
- McGLOUGHLIN, P. (1980) The relationship between
heterozygosity and heterosis
in reproductive traits in mice.
Anim. Prod., 30, 69-77.
- MELUCCI, L., (1978) Calving and weaning rates and
M.C. MIGUÉL und dystocia for F₁ dams.
H.A. MOLINUEVO Proc. of Seminar on Heterosis
and Beef Cattle Production
Systems, Balcarce, zitiert.
von LONG, 1980.
- NITTER, G. (1981) Problems of interpreting he-
terosis from results of wide
crosses in sheep.
32nd Annual Meeting of the
E.A.A.P., 1981, Zagreb.
- N.N. (1982) Anweisungen zur Durchführung
der Leistungsprüfung in Bayern,
Ausgabe Oktober 1982.
Landeskuratorium der Erzeuger-
ringe für tierische Veredlung
in Bayern e.V.
- N.N. (1971- Jahresergebnisse der Milch-
1984) leistungsprüfung in Bayern.
Landeskuratorium der Erzeuger-
ringe für tierische Veredlung
in Bayern e.V.
- N.N. (1974, Statistische Jahresberichte.
1978, Arbeitsgemeinschaft Süddeut-
1980) scher Rinderzüchter.
- N.N. (1975- Die künstliche Besamung in
1984) Bayern. Jahresberichte der
Arbeitsgemeinschaft der Besa-
mungsstationen in Bayern.
- N.N. (1978) Die Rinderzucht in Bayern, 25
Jahre Zuchtprogramm.
Bayer. Staatsministerium für
Ernährung, Landwirtschaft und
Forsten.

- N.N. (1982) Betriebsstruktur der Landwirtschaft in Bayern, 1979.
Bayer. Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, 387.
- N.N. (1982) Zuchtversuch mit Rotem Flämischen Milchrind.
Rinderzuchtverband, Würzburg, Polykopie.
- OLDENBROEK, J.D. (1980) Breed and crossbreeding effects in a crossing experiment between Dutch Friesian and Holstein Friesian cattle.
Livestock Prod. Sci., 7, 235-241.
- PEARSON, L. und R.E. McDOWELL (1968) Crossbreeding of dairy cattle in temperate zones: a review of recent studies.
Anim. Breed. Abstr. 36, 2-15.
- PETER, O. (1966) Untersuchungen über die geschichtliche Entwicklung und züchterisch-wirtschaftliche Leistungseigenschaften des Deutschen Gelbviehs.
Dissertation, Weißenstephan - München.
- PIRCHNER, F. (1969) Einkreuzungspläne.
Der Förderungsdienst, 17, 337-340.
- PIRCHNER, F. (1970) Genetische Grundlagen der Kreuzungszucht.
Der Tierzüchter, 22, 630-633.
- PIRCHNER, F. (1976) Genealogische Zusammenhänge zwischen mitteleuropäischen Rinderrassen.
World Rev. Anim. Prod., 12, 61-68.
- PIRCHNER, F. und R. MERGL (1977) Overdominance as a cause of heterosis in poultry.
Z. Tierz. Züchtungsbiol., 94, 151-158.
- PIRCHNER, F. (1979) Populationsgenetik in der Tierzucht.
Verlag Paul Parey, Hamburg.

- QUINTANA, F.G. und (1983) Systems of crossbreeding in
O.W. ROBISON swine. I. Estimating of
genetic parameters.
Z. Tierz. Züchtungsbiol., 100,
271-279.
- RICHTER, D. (1983) Persönliche Mitteilung.
- RINCON, E.J., (1982) Estimation of genetic effects
E.C. SCHERMERHORN, on milk yield and constituent
R.E. McDOWELL und traits in crossbred dairy
B.T. McDANIEL cattle.
J. Dairy Sci., 65, 848-856.
- ROBERTSON, A. (1949) Crossbreeding experiments with
dairy cattle.
Anim. Breed. Abstr., 17, 201-
208.
- ROBISON, O.W., (1981) Estimation of direct and
B.T. McDANIEL und maternal additive and heterotic
E.J. RINCON effects from crossbreeding
experiments in animals.
J. Anim. Sci., 52, 44-50.
- ROSSKOPF (1912) Geschichte des gelben Franken-
viehs.
Verlag M & H Schaper, Hannover.
- ROTTMANN, O., (1983) Einfluß von Inzucht und Kreu-
F. REINHARDT und zung auf die Gewichtsent-
F. PIRCHNER wicklung von Lämmern.
Züchtungskunde, 55, 386-395.
- RUVUNA, F., (1983) Crossbred and purebred dairy
B.T. McDANIEL, cattle in warm and cool sea-
R.E. McDOWELL, son.
J.C. JOHNSON, Jr., J. Dairy Sci., 66, 2408-2417.
B.T. HOLLON und
G.W. BRANDT
- SCHMIDLIN, J.F. (1979) Ergebnisse von Populations-
analysen bei Simmenthaler-
Fleckvieh und dessen Kreuzungen
mit roten Holstein-Friesians,
Dissertation, Zürich, ETH 6429.
- SCHMIDT, J. (1948) Schwarzbunte Niederungs-Kühe
und Jersey Bullen. Kreuzungs-
versuche und ihre Auswertung.
Züchtungskunde, 20, 29-39.
- SCHÖLLER, F. (1979) 80 Jahre Zuchtverband, 1899-
1979. Festschrift zum 80-
jährigen Gründungsjubiläum
des Rinderzuchtverbandes Würz-
burg.

- SCHULTE-COERNE, H.J. (1976) Untersuchungen über die Auswirkungen einer Einkreuzung von amerikanischen Brown Swiss Tieren in das württembergische Braunvieh. Dissertation, Hohenheim.
- SEARLE, S.R. (1971) Linear models. Verlag Wiley, New York.
- SEDCOLE, J.R. (1981) A review of the theories of heterosis
Egypt. J. Genet. Cytol., 10, 117-146.
- SHERIDAN, A.K. (1980) A new explanation for egg production heterosis in crosses between White Leghorns and Australorps.
British Poultry Sci., 21, 85-88.
- SHERIDAN, A.K. (1981) Crossbreeding and heterosis.
Anim. Breed Abstr., 49, 131-144.
- SHERIDAN, A.K. (1982) Nature and utilization of heterosis, introduction.
Proceedings Second World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 1982, Madrid.
- SHERIDAN, A.K. und M.C. RANDALL (1977) Heterosis for egg production in White Leghorn Australorps crosses.
British Poultry Sci., 18, 69-77.
- SMITH, G.M., D.B. LASTER und K.E. GREGORY (1976a) Characterization of biological types of cattle I. Dystocia and preweaning growth.
J. Anim. Sci., 43, 27-36.
- SMITH, G.M., D.B. LASTER, L.V. CUNDIFF und K.E. GREGORY (1976b) Characterization of biological types of cattle II. Postweaning growth and feed efficiency of steers.
J. Anim. Sci., 43, 37-47.
- STEWART, T.S., C.R. LONG und T.C. CARTWRIGHT (1980) Characterization of cattle of a five-breed diallel. III. Puberty in bulls and heifers.
J. Anim. Sci., 50, 808-820.
- TURTON, J.D. (1981) Crossbreeding of dairy cattle - a selective review.
Anim. Breed. Abstr. 49, 293-300.

- VERLEY, F.A. und
R.W. TOUCHBERRY (1961) Effects of crossbreeding on reproductive performance of dairy cattle. J. Dairy Sci., 44, 2058-2067.
- WARWICK, E.J. (1968) Crossbreeding and linebreeding beef cattle experimental results. World Rev. Anim. Prod., 4, 37-45.
- Van der VEEN, J.H. (1959) Tests of non-allelic interaction and linkage for quantitative characters in generations derived from two diploid pure lines. Genetica, 30, 201-232, zit. von MATHER, 1967.
- WITT, M.,
E. WERHAHN und
U.-E. PFLEIDERER (1972) Ergebnisse eines langjährigen Kreuzungsversuches mit dem Schwarzbunt- und dem Jersey-Rind. I. Mitteilung. Z. Tierz. Züchtungsbiol., 89, 280-290.
- (1973) II. Mitteilung. Z. Tierz. Züchtungsbiol., 90, 16-24.
- WRIEDT, C. (1930) The inheritance of butter-fat in crosses of Jerseys with Red Danes. J. Genet. 22, 45-63, zit. von ROBERTSON, 1949.
- YAPP, W.W. (1923) The inheritance of percent fat content and other constituents of milk in dairy cattle. Proc. Scot. Cattle Breed. Conf., 328, zit. von ROBERTSON, 1949.
- ZIPPELIUS, G. (1983) Viehzucht, in: "Die unterfränkische Landwirtschaft 1868 - 1892". Festschrift zum 25. Regierungspräsidentenjubiläum des Grafen Luxburg.
- ZIPPELIUS, G. (undat.) Geschichte des gelben Frankenviehs. unvollendete Handschrift, zit. von GUTBROD, 1924.

Historische Quelle

- TACITUS, P.C. Germania (um 100), Verlag Wilhelm Goldmann, München.

Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt Herrn Professor Dr. H. Kräußlich für die Überlassung des Themas und die freundliche Unterstützung bei der Anfertigung der Arbeit.

Bei Herrn Dr. O. Distl möchte ich mich insbesondere für die jederzeit gewährte Hilfe bei der statistischen Auswertung des Datenmaterials und für die wertvollen Anregungen bedanken.

Weiterhin gilt mein Dank dem Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredlung in Bayern e.V. für die Überlassung des benötigten Datenmaterials.

Lebenslauf

Name: Hermann, Ludwig, Georg Lechner

geboren: am 5. 5. 1956 in Markt Berolzheim,
Bayern

Vater: Erich Lechner, Bäckermeister

Mutter: Maria Lechner, geb. Meingast

Familienstand: verheiratet seit dem 23. 7. 1982

Kinder: Eva, geboren am 26. 1. 1983
Anna, geboren am 18. 2. 1985

Schule: 1962 - 1967 Hauptschule in Markt
Berolzheim
1967 - 1976 Simon-Marius Gymnasium
in Gunzenhausen

Militärdienst: 1976 - 1977 als Sanitätssoldat

Studium 1977 - 1983 Studium der Veterinärme-
dizin an der Ludwig-Maximilian-
Universität in München

Berufsausübung: vom 5. 3. 1983 - 31. 12. 1985 als
Freier Mitarbeiter in der Großtier-
praxis von Dr. Anschütz in Allers-
hausen

Promotion: seit März 1983 Doktorand am Insti-
tut für Tierzucht und Tierhygiene der
LMU in München

Fortbildung: seit 7. 1. 1986 Teilnehmer am 23. Se-
minar für Tropenveterinärmedizin der
Freien Universität Berlin

